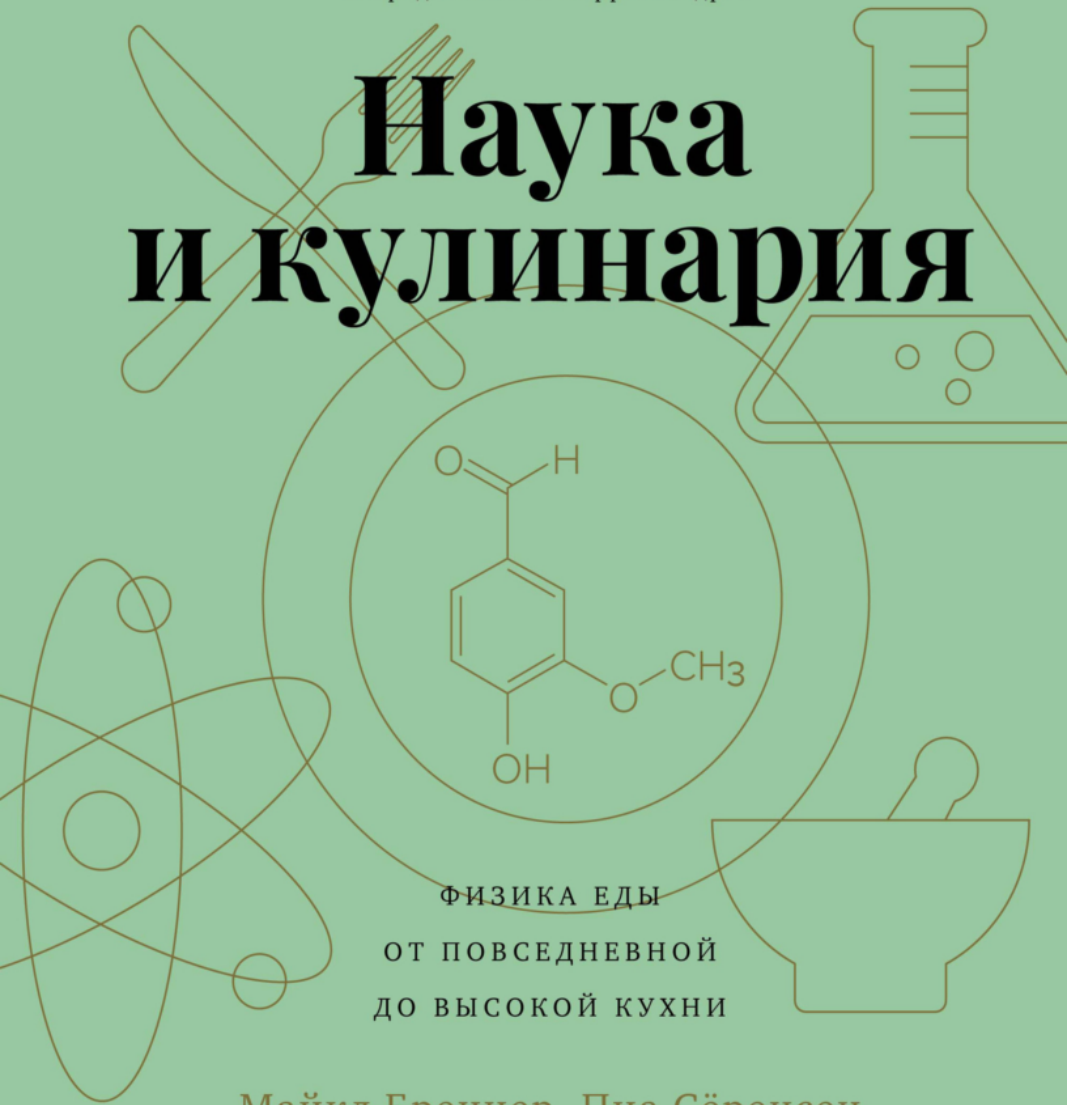
С предисловием Феррана Адриа

Наука и кулинария



ФИЗИКА ЕДЫ
ОТ ПОВСЕДНЕВНОЙ
ДО ВЫСОКОЙ КУХНИ

Майкл Бреннер, Пиа Сёренсен
и Дэвид Вейтц

SHOUT
SHARE
IT

Annotation

«Поварам во всем мире известна истина: кулинария – это наука, а наука – это кулинария. На протяжении истории множество удивительных открытий было сделано учеными, работавшими с продуктами, и поварами, использовавшими научный подход. Николя Аппер, французский кондитер и химик, в начале XIX века стал изобретателем процесса консервации, нового способа безопасного хранения продуктов. Технология пастеризации, предложенная микробиологом Луи Пастером, произвела революцию в пищевой промышленности – и, вероятно, спасла за время своего существования миллионы жизней. В этой книге мы рассматриваем еду как науку, но еда – это также история, культура, дипломатия, национальная безопасность и еще очень и очень многое. Общество станет сильнее, если мы будем лучше понимать, откуда берется еда и насколько сильно это влияет на окружающий мир. Вот почему эта книга – и гарвардский курс, на котором она основана, – является столь значимым ресурсом. Интересная для всех, а не только для изучающих точные науки, она поможет читателям установить связи и создать системную картину увлекательного мира еды». Хосе Андрес, американский шеф-повар. Обладатель наград «Шеф 2009 года», «Выдающийся шеф» по версии James Beard Foundation и премии «Человек года 2009» по версии журнала GQ. В формате PDF A4 сохранён издательский дизайн.

- Майкл Бреннер, Пиа Сёренсен, Дэвид Вейтц
  - ○
  - ○ Предисловие
  - ○ Вступление
  - ○ Введение
  - ○ 1
    - ■
    - ■ Разбор рецептов
    - ■ Молекулы текстуры
    - ■ Вкусоароматические молекулы
      - ■
      - ■ Откуда берутся вкусоароматические молекулы?
      - ■ Вкус и кислоты
    - ■ Смешивание текстуры и вкуса
      - ■
      - ■ Подсчет молекул текстуры в печенье

- Смешивание ингредиентов в печенье

2
-
- Фазовые превращения
- Вода
- Давление
  -
  - Повышение давления
  - Понижение давления
- Жиры
  -
  - Мороженое и понижение точки застывания
- Нагрев белков
- Приготовление яиц
  -
  - Разворачивание белков и желатинизация
- Варка пасты

3
- Преобразования с помощью электрического заряда
  -
  - Преобразования с pH
  - Столетние яйца
  - Лютефиск
  - Севиче
- Зависимость разворачивания белков от pH
- Преобразования с pH и нагревом
  - Рикотта
  - Яйца пашот
- Преобразования с солью: вяление и соление
- Сферификация
- Превращения с помощью ферментов
- Разрезающие белки: ренин, песто и пектиназа
  - Ренин
  - Песто
  - Пектиназа
- Белки, работающие клеем: трансглутаминаза

4
-
- Диффузия невооруженным глазом
- Диффузия и случайное блуждание
- История случайного блуждания: Пирсон, Эйнштейн и Башелье
- Уравнение диффузии

- Возвращение к сферификации
  -
  - Почему готовить с помощью нагрева сложно на примере жарки стейка
- Диффузия с использованием рассолов, маринадов и копчения
- «Слои Амазонки» от Вирхилио Мартинеса

○ 5

- Что такое текстура?
- Упаковка
- Объемная доля
- Вязкость
- Пять способов увеличения вязкости
  -
  - Уваривание
  - Добавление материала
  - Эмульсии
  - Полимерные сети из имеющихся ингредиентов
  - Современные загустители
- Твердые продукты и упругость
- Способы увеличения упругости
  -
  - Изменения упаковки
  - Изменения упаковки и полимерных сетей
  - Гелеобразование (полимерные сети)
  - Гели из гидроколлоидов
- Определение готовности стейка с помощью пальцев
- Глютен и хлеб
- Пластичность
- Ломкость

○ 6

- Смешать то, что не смешивается
- Кап, кап… всюду капли
- Типы эмульгаторов
  -
  - Фосфолипиды
  - Мелкие твердые частицы и белки
- Другие способы стабилизации эмульсий
  -
  - Голландский соус
  - Чесночный айоли
  - Потрясающее печенье Кристины Тоси

- Сливочное масло
- Пены
- Взбитые сливки
- Бисквит «Пища ангелов»
- Мороженое: пена, эмульсия и коллоидная суспензия

7

- Готовка с помощью жизни
- Хлеб, медовуха и квашеная капуста
- Кислород
- Микробы
- Условия роста и экспоненциальный рост
  -
  - Условия роста
  - Экспоненциальный рост
  - Предсказание волшебства
  - Вкус и аромат
  - Вкус и аромат от белков и жиров
  - Ферментация с помощью плесени
- Шоколад и кофе
- Ферментация в высокой кухне

Заключение

Благодарности

Об авторах

- notes

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

Майкл Бреннер, Пиа Сёренсен, Дэвид Вейтц
Наука и кулинария. Физика еды. От повседневной до высокой кухни

Изобретение нового блюда приносит роду человеческому больше счастья, чем обнаружение новой звезды.

Жан Антельм Брийя-Саварен. Физиология вкуса, 1825 г. (Пер. Л. Ефимова)

Michael Brenner, Pia Sörensen, and David Weitz
SCIENCE AND COOKING
Physics Meets Food, From Homemade to Haute Cuisine

Впервые опубликовано в США в 2020 году издательством W. W. Norton & Company, Inc.

© Michael Brenner, Pia Sörensen, and David Weitz, 2020
© Черезова Е., перевод на русский язык, 2021
© Издание на русском языке. ООО «Издательская Группа «Азбука-Аттикус», 2021
КоЛибри®

Предисловие

Десять лет назад, когда мы только начали задумываться о создании курса научной кулинарии в Гарварде, я осмелился предположить, что это исторический момент. Прошло десять лет, и проект доказал свою успешность настолько убедительно, что на его основе была написана книга, которую вы сейчас читаете. Исходная мысль этой любопытной синергии совершенно очевидна: поскольку приготовление пищи – то, с чем знакомы все, кулинария станет идеальным способом подтолкнуть студентов к изучению таких понятий физики, как фазовые превращения, эмульсии, электростатика, полимерные структуры, упругость и теплопроводность. Добавьте к этому процессу таких шеф-поваров, как ваши покорные слуги, и результаты будут вдохновлять.

Я доволен и горд своим точным прогнозом и с удовольствием вижу, что наши цели достигнуты. Почти все упомянутые выше понятия физики рассматриваются на страницах этой книги, а рецепты от шефов служат вдохновляющим на эксперименты компонентом, который помогает объяснить научные принципы. Более того, те повара, которые в течение этих десяти лет принимали участие в гарвардском курсе, нашли себе площадку для изучения некоторых проблем, с которыми сталкиваются на кухне. Лабораторный курс дает возможность сформулировать новые идеи, которые нам хотелось бы разработать, а для этого необходимы научные знания и исследовательская работа.

Со своей стороны мы можем сказать, что эти научные вопросы волновали поваров-профессионалов уже довольно давно. Включение науки в творческую систему ресторана elBulli в начале этого века стало явно выраженным в тот момент, когда двое ученых, Пер Кастельс и Ингрид Фарре, присоединились к бригаде как полноправные сотрудники. Появившийся в итоге так называемый «Эль-буллитный научный отдел» (elBullitaller's Scientific Department) дал весьма интересные результаты, хотя интересны они были скорее с кулинарной, нежели с научной точки зрения. Некоторое время спустя такой научный подход привел к созданию фонда «Алисия» (Alícia Foundation), который олицетворял стремление вывести диалог кулинарии и науки на профессиональный уровень. Затем Гарвард решительно дал дорогу более открытому диалогу, обратившись к нам по поводу данного учебного курса. Разговор с самого начала двигался в двух направлениях, что, на мой взгляд, пошло на пользу обеим сторонам. С одной стороны, кулинария облегчила понимание (или, по крайней мере, объяснение) физико-химических реакций,

происходящих на кухне. С другой – наука нашла, как хочется верить, новый способ передачи ряда разнородных понятий с точки зрения их практического применения. Благодаря такому симбиозу кулинария получила доступ к знаниям для понимания и создания новых вкусов и в то же время стала новым перспективным инструментом научного образования.

Объединение науки с кулинарией и создает весьма плодотворный диалог. Хотя мы готовим и исследуем уже многие тысячи лет, эти виды деятельности в ходе истории пересекались очень редко. Поворотный момент наступил, по-видимому, в последней четверти XX века, когда группа ученых начала экспериментировать в области, которую они назвали молекулярной кухней, – в научной попытке объяснить причины реакций, обеспечивающих различные процессы приготовления.

Важно, что знания о составе продуктов и реакциях, возникающих при готовке, были полезны не только для совершенствования высокой кухни и улучшения вкусовых ощущений. Они дали возможность лучше разобраться в причинах некоторых видов аллергий и непереносимости определенных продуктов: эти явления приобретают все большее значение как для общества в целом, так и для ресторанного дела (порой поварам приходится готовить сразу несколько видов специального меню). Кроме того, изучение продуктов и их приготовление не только обеспечивает нам бóльшие возможности для творчества и инноваций: знание того, что может происходить на микробиологическом уровне, способствует повышению продуктовой безопасности и гигиены.

Эти и другие аспекты рассматривались в гарвардском курсе на протяжении последних десяти лет, и большинство из них описаны в этой книге. Авторы намерены способствовать появлению у широкой публики понимания тех связей, которые исторически сложились между наукой и кулинарией, и современного состояния этого диалога. Однако, если задуматься о будущем, нам предстоит сделать еще очень многое. Например, понять, почему в Гарварде (и в других престижных университетах) есть архитектурный факультет, но нет кулинарного? Это связано с культурными предубеждениями, которые нужно искоренять, и я уверен, что это произойдет в ближайшем будущем, так как ясно: кулинария имеет значительный интеллектуальный потенциал.

В фонде elBulli одним из важнейших направлений, которым мы занимаемся уже много лет, является развитие такого диалога и создание глобальной программы для максимального увеличения возможностей и укрепления синергии кулинарии и

науки – неизменно с целью углубления знаний и доведения профессионализма нашей специальности до самого высокого уровня. Я убежден, что именно приверженность к исследованиям привела к появлению самых подготовленных и талантливых будущих шеф-поваров и владельцев ресторанов. Не сомневаюсь, что благодаря дальнейшей деятельности Гарварда в этой области у нас будут повара, не только знающие свое дело и историю ремесла, но и способные использовать связи между кулинарией и наукой на практике.

Ферран Адриа

Вступление

Когда почти десять лет назад Ферран предложил мне вместе с ним вести в Гарварде курс науки и кулинарии, мы понимали, что это нечто особенное. Поварам, работавшим с Ферраном, и их коллегам во всем мире известна истина: кулинария – это наука, а наука – это кулинария. На протяжении истории множество удивительных открытий было сделано учеными, работавшими с продуктами, и поварами, использовавшими научный подход. Николя Аппер, французский кондитер и химик, в начале XIX века стал изобретателем процесса консервации, нового способа безопасного хранения продуктов. Технология пастеризации, предложенная микробиологом Луи Пастером, произвела революцию в пищевой промышленности – и, вероятно, спасла за время своего существования миллионы жизней. Недавние открытия в области ферментации и консервации, сделанные, например, в Лаборатории ферментации при ресторане Noma, ведут к новой революции в науке о микробах и могут стать ключом к решению вопроса, чем кормить следующий миллиард населения Земли.

Мы каждый день размышляем о научных процессах в баре моего ресторана, где с помощью физики, химии, микробиологии, динамики жидкостей и других разделов науки создаем блюда, которые будут новыми и интересными… и конечно же вкусными. Научный подход присутствует во всех моих ресторанах. Наука позволяет нам рассчитать время варки овощей (и количество соли) в Beefsteak, выбрать древесину для копчения в America Eats Tavern, изучить рассеивание тепла в woках в China Chilcano… Используя термин «молекулярная кухня», мы описываем любое приготовление пищи, потому что в нем обязательно присутствует манипулирование молекулами. Например, варка в воде или на пару́ и приготовление льда – это трансформация молекул воды. Рассматривать науку как кулинарию и наоборот необходимо всем, от домашних поваров до прославленных шефов, и на обычной кухне, и на кухнях elBulli.

Ферран прав, говоря, что в каждом престижном университете мира должен быть факультет кулинарии: студентам важно иметь возможность изучать связь еды с абсолютно всеми аспектами нашей жизни. В этой книге мы рассматриваем еду как науку, но еда – это также история, культура, дипломатия, национальная безопасность и еще очень и очень многое. Общество станет сильнее, если мы будем лучше понимать, откуда берется еда и насколько сильно это влияет на окружающий мир. Вот почему эта

книга – и гарвардский курс, на котором она основана, – является столь значимым ресурсом. Интересная для всех, а не только для изучающих точные науки, она поможет читателям установить связи и создать системную картину увлекательного мира еды. Это жизненно важно для нашего будущего: очередную научную революцию вполне может инициировать юный ученик повара, и, с другой стороны, мир кулинарии может преобразить новое открытие в области квантовой динамики или астрофизики. Нам нужно учиться друг у друга, развивать диалог между наукой и кулинарией – что и делает эта книга.

Хосе Андрес

Введение

Мы, преподаватели физики и химии, давно вдохновлялись мечтой о том, что интерес к точным наукам можно подогреть, подавая материал в увлекательном контексте. А что может быть интереснее еды и ее приготовления? Мы едим каждый день, покупаем ингредиенты и готовим их в соответствии с подробными инструкциями, называемыми рецептами, и если все делаем правильно, то вознаграждением становится вкусное блюдо. Соцсети заполнены фотографиями красивой еды, которые выкладывают, чтобы ими восхитились. Но как же работают рецепты? Кулинарию долго считали эмпирическим предметом: «Просто следуйте рекомендациям!» На самом деле есть причины, по которым используемые нами рецепты работают именно так, а не иначе: ответы обусловлены принципами физики и химии. Мы решили, что, если создать условия, в которых студенты сами смогут сообразить, почему рецепты работают именно так, они приобретут навыки и в области приготовления пищи, и в области науки, изучив некоторые разделы физики и химии. В течение последних десяти лет, а с 2013 года еще и онлайн на платформе HarvardX мы совместно вели в Гарварде курс «Наука и кулинария: от высокой кухни до физики мягкого вещества». Количество студентов – и очных, и дистанционных – постоянно росло, и мы ощутили потребность поделиться нашими находками с более широкой аудиторией. Именно для того мы написали эту книгу: преподать вам удивительную науку на основе простых и интересных экспериментов с едой и ее приготовлением.

Задумайтесь: почему мы печем печенье с шоколадной крошкой 10 минут, а не 20? Почему у куска мяса меняется вкус, если его готовить при разной температуре? Почему мы месим дрожжевое тесто? Чем определяется количество желтка, который идет на приготовление майонеза? Хотя эти рецепты были созданы эмпирически, причины коренятся в науке и научных принципах. Мы создали этот курс совместно с нашими коллегами и друзьями, изобретательными шеф-поварами Ферраном Адриа и Хосе Андресом, мечтавшими, чтобы открытия и нововведения, которые они столь успешно использовали в своих ресторанах, пробудили в людях интерес к науке.

Ферран преобразил кулинарию и высокую кухню своим легендарным рестораном elBulli, который многие признают лучшим рестораном мира. Кажется, он изобрел больше оригинальных рецептов и методов приготовления, чем кто бы то ни было, от горячего мороженого до кулинарных пен и

сферификации… и он не останавливается. Его рецепты буквально разрушили основы старых и «построили» их заново. С научной точки зрения реконструкции Феррана – великолепная демонстрация научных методов. Он определяет, как именно работают рецепты, а потом использует только необходимые ингредиенты в правильных пропорциях, создавая новые блюда, еще более потрясающие, чем прежние. Заново изобретая блюда, он показывает, почему исходные рецепты вообще работали. Ферран и Хосе понимали, что кулинарные новации последнего десятилетия были логически обоснованы, и хотели, чтобы эти нововведения использовались на занятиях. Вот почему они предложили широко использовать в нашем курсе творения мировых знаменитостей, которые могли бы продемонстрировать студентам свое волшебство и помочь анализировать рецепты, преподавая основы наук. Это была смелая мысль. Ведущие университеты уже давно поддерживают творчество, изучая работы художников, писателей и архитекторов, однако до создания данного курса на первый план никогда не выдвигались оригинальные произведения поварского искусства.

В расписании первого года стояли лучшие шеф-повара мира: Хосе Андрес, Уайли Дюфрейн, Хуан Рока, Грант Ака́кетс, Дэн Барбер, Карме Рускайеда, Нанду Жубани, Джоан Чанг, Карлес Техедор, Энрик Ровира, Билл Йоссес и Дэвид Чанг. Каждую неделю было несколько мероприятий: вечером по понедельникам приглашенный шеф-повар читал в Кембридже бесплатную лекцию для всех желающих. Очереди желающих попасть на эти лекции выстраивались за много часов до их начала, а шефы часто появлялись с помощниками, которые готовили пробники для аудитории. Лекции должны были длиться ровно час, но любознательность слушателей была настолько велика, что они нередко затягивались на несколько часов. По вторникам приглашенные шефы читали примерно ту же лекцию студентам, иллюстрируя научную тему недели на потрясающих рецептах. Часто приготовленное во время занятия давали попробовать. А по четвергам мы углубленно разбирали научные понятия. Кроме того, каждую неделю устраивалось практическое занятие, на котором студенты готовили по рецептам, иллюстрирующим изученный на неделе материал. Они решали поставленные задачи, проводили научные измерения, а в конце съедали результаты своего творчества.

Главным вдохновителем курса был Гарольд Макги, знаменитый автор классического труда «О пище и ее приготовлении» (On Food and Cooking). Эта книга, изданная в 1984 году, по-прежнему остается лучшим изложением научных

основ кулинарии. Наши экземпляры порядком истрепались. Книгой Гарольда восхищаются шефы по всему миру – и принадлежащие им экземпляры истрепаны так же сильно. Нам очень повезло, что Гарольд согласился принять участие в этом курсе и стал нашим ментором, советчиком и источником знаний.

Гарвардский курс «Наука и кулинария» прослушали уже тысячи студентов, а в онлайн-занятиях участвовали сотни тысяч человек из Бразилии, Китая, Великобритании, Саудовской Аравии, Японии и многих других стран. Эта книга – как и университетский курс – разбита на главы по научным темам. В каждой главе те или иные базовые принципы рассматриваются на основе распространенных классических рецептов и творений ведущих шеф-поваров. Здесь есть эксперименты, которые вы сможете провести дома, но даже если не станете проводить их все, надеемся, вы вместе с нами откроете для себя увлекательную научную основу кулинарии. Готовы? Тогда приступим!

1
Что такое рецепт?

Наука – это не только особые знания относительно молекул или математики: это способ мышления. Тщательные наблюдения, любознательное отношение к увиденному, способность подметить интересное, необычное или неожиданное явление, а затем найти способ понять это явление с помощью контролируемых экспериментов. Это сравнение различных способов что-то делать, которое помогает вам что-либо узнать о происходящем.

Гарольд Макги

Рецепты – это инструкции по приготовлению, и им положено следовать. В них приводятся точные количества ингредиентов и шаги, которые следует сделать, чтобы превратить их в нечто вкусное. Этот процесс, как вы увидите, может быть настоящим волшебством. Рассмотрим, например, рецепты печенья с шоколадной крошкой.

ПЕЧЕНЬЕ С ШОКОЛАДНОЙ КРОШКОЙ

Классическое печенье с шоколадной крошкой

Ингредиенты
270 г просеянной пшеничной муки
1 ч. л. пищевой соды
1 ч. л. соли
225 г сливочного масла комнатной температуры
150 г сахарного песка
150 г коричневого сахара
1 ч. л. ванильного экстракта
2 крупных яйца

340 г шоколадной крошки или «капель»
125 г рубленых орехов

Инструкции

1. Разогрейте духовку до 190 °C.
2. Смешайте в небольшой миске муку, соду и соль.
3. Взбейте масло, сахар и ваниль в однородную пышную массу. Вбейте яйца по одному. Постепенно введите мучную смесь. Вмешайте шоколад и орехи.
4. Выложите шарики смеси размером с мячик для пинг-понга на пергаментную бумагу ложкой для мороженого или круглой столовой ложкой.
5. Выпекайте 9–11 минут до золотисто-коричневого цвета. Оставьте печенье на бумаге на 2–3 минуты, а затем переложите остывать на решетку.

Печенье с кукурузными хлопьями, шоколадной крошкой и маршмэллоу от Кристины Тоси

Рецепт и изображение предоставлены Кристиной Тоси и рестораном Milk Bar

Ингредиенты

225 г сливочного масла комнатной температуры
250 г сахарного песка
150 г светлого коричневого сахара
1 крупное яйцо
2 г (1/2 ч. л.) ванильного экстракта
240 г пшеничной муки
2 г (1/2 ч. л.) разрыхлителя
1,5 г (1/2 ч. л.) пищевой соды

5 г (11/2 ч. л.) нейодированной соли
270 г кукурузного кранча (рецепт см. далее)
125 г мелких шоколадных «капель»
65 г мини-маршмэллоу

Инструкции

1. Сложите масло и сахар в чашу стационарного миксера и, установив насадку-лопатку, взбивайте 2–3 минуты на умеренно высокой скорости. Соскребите смесь со стенок чашки, добавьте яйцо и ваниль и взбивайте еще 7–8 минут.

2. Уменьшите скорость миксера и добавьте муку, соду и соль. Перемешивайте, пока тесто не начнет собираться в ком, не дольше 1 минуты. (Никуда не отходите, иначе можете перемесить тесто.) Лопаткой соскребите тесто со стенок.

3. На той же низкой скорости постепенно добавьте кранч и шоколадную крошку, перемешивая не дольше 30–45 секунд. Добавьте маршмэллоу и снова перемешайте, чтобы они распределились в тесте.

4. Ложкой для мороженого (или порциями по 55 г) разложите тесто по выстланному пергаментом противню. Слегка расплющите заготовки. Плотно затяните противень пищевой пленкой и уберите в холодильник не менее чем на 1 час (и не более чем на 1 неделю). Не выпекайте тесто комнатной температуры: оно не сохранит форму.

5. Разогрейте духовку до 190 °С.

6. Застелите противень пергаментной бумагой или силиконовым ковриком и выложите на него заготовки на расстоянии не менее 10 см друг от друга. Выпекайте 18 минут. Печенье будет подниматься, расползаться и трескаться. По прошествии 18 минут печенье хорошо подрумянится по краям и только начнет румяниться в серединке. Если его поверхность покажется вам бледной и непропеченной, оставьте его в духовке еще на минуту.

7. Дайте печенью полностью остыть на противне и только потом переложите на блюдо или в контейнер для хранения. При комнатной температуре его можно хранить до 5 суток, а в морозильнике – до 1 месяца.

Кукурузный кранч

Ингредиенты

170 г кукурузных хлопьев
40 г сухого молока

40 г сахара
4 г (1 ч. л.) нейодированной соли
130 г растопленного сливочного масла

Инструкции

1. Разогрейте духовку до 135 °C.

2. Высыпьте хлопья в миску и руками раскрошите их до 1/4 от исходного размера. Добавьте сухое молоко, сахар и соль и перемешайте. Влейте растопленное масло и перемешайте, осторожно встряхивая миску: масло будет работать как клей, прилепляя сухие ингредиенты к кусочкам хлопьев, и в результате получатся небольшие комки.

3. Рассыпьте комки по противню, выстланному пергаментной бумагой или силиконовым ковриком, и поставьте в духовку на 20 минут: они должны подрумяниться, пахнуть сливочным маслом и после остывания приятно похрустывать.

4. Полностью остудите кранч перед тем, как убирать его на хранение или использовать в рецепте. В герметичной емкости при комнатной температуре кранч можно хранить 1 неделю, в холодильнике или морозильнике – 1 месяц.

* * *

Мы настолько привыкли печь и есть печенье, что обычно не замечаем удивительного волшебства этих рецептов. Задумайтесь: мы превращаем набор простых и скучных продуктов во вкуснейшее лакомство, которое с виду совершенно не похоже на ингредиенты, из которых сделано. Консистенция, цвет и особенно вкус стали совершенно другими. Клейкий комок на противне становится рассыпчатым, иногда ломким, а иногда мягким (в зависимости от рецепта) и тает во рту. В кулинарии почти всегда так. Первый рецепт печенья был придуман лет 200 назад – простого сухого сахарного печенья с минимумом жиров. За прошедшие века люди усовершенствовали рецепт, причем самым заметным улучшением было использование всё большего количества жиров. Сегодня интернет переполнен рецептами печенья (возможно, многими вы сами пользовались). Однако базовый принцип остался почти неизменным: возьмите 2 части муки, 2 части жира и 1 часть сахара и хорошенько перемешайте. Сделайте из теста шарики, выпекайте при нужной температуре нужное время – и вуаля: у вас печенье. Если вы измените процентное соотношение основных ингредиентов, получите совершенно другую субстанцию, а иногда и новый рецепт. К

примеру, если взять сахара вдвое больше, чем муки, получится брауни. В самом начале XX века это должно было показаться неожиданным и удивительным открытием: пекари получили новую текстуру, совершенно непохожую на печенье. Кулинария не статична: хотя приготовление печенья – тема очень давняя, современные технологии делают прогресс возможным. Наш любимый пример – недавнее изобретение кондитера Кристины Тоси, основательницы Milk Bar: она создала новый вариант рецепта печенья, придумав, как ввести в тесто гораздо больше жира, чем обычно, с помощью стационарного миксера (рецепт дан во врезке). Мы более подробно обсудим ее работу в главе 6.

Если вы полистаете эту книгу, то увидите, что на ее страницах много рецептов. И хотя для того, чтобы освоить научные принципы, не обязательно что-то готовить, мы тем не менее советуем пробовать рецепт, который вам понравится. Именно так мы делаем в ходе гарвардского курса «Наука и кулинария»: при появлении рецептов устраиваем лабораторные работы, во время которых студенты готовят самостоятельно. Вы могли бы прямо сейчас прервать чтение и приготовить печенье с шоколадной крошкой. Можете испечь сначала обычное, а потом – вариант Кристины и сравнить их. Какое вкуснее – и почему? На самом деле дегустация – прекрасный способ самостоятельно определить различия в рецептах. Вы могли бы попробовать придумать новый вариант рецепта и сопоставить результаты. Это вкусно и интересно – и в этом сама суть кулинарии. В нашей подборке есть и обычные блюда, которые вы можете готовить каждый день, и более оригинальные творения от изобретательных шеф-поваров нашего времени. Однако, если окажется, что, читая эту книгу, вы постоянно готовите, вспомните, пожалуйста: это все-таки не книга рецептов. Да, мы хотели бы, чтобы вы экспериментировали. Однако цель экспериментов в том, чтобы убедиться: задавая нужные вопросы, можно понять, *как работают рецепты и почему количества и инструкции именно такие*. Рецепты не создаются наобум. Более того, инструкции и количества обусловлены научными принципами. Хотя многие блюда были придуманы случайно, с годами и веками они обросли уточнениями. Как и в науке, даже в самых обычных рецептах немало того, чего мы не понимаем. Британскому физику Николасу Курти принадлежит знаменитое высказывание: «Я считаю прискорбной характеристикой нашей цивилизации то, что, хотя мы можем измерить температуру атмосферы Венеры (и измеряем ее), нам неизвестно, что происходит внутри суфле». Несмотря на развитие научного подхода к кулинарии, ситуация улучшилась ненамного.

Однако, если руководствоваться любознательностью и смирением и задавать правильные вопросы, можно раскрыть тайну рецепта и понять, почему он составлен именно так. Иногда научную основу разгадать легко, иногда сложнее. Но в любом случае мы покажем, что правильные вопросы и научные методы часто позволяют добраться до сути. Это поможет вам стать более умелым поваром, распознающим повторяющиеся лейтмотивы в процессе приготовления пищи. Поможет понять, что блюда, которые кажутся совершенно разными (например, паста аль денте и стейк средней прожарки), на самом деле имеют глубинное научное сходство. И наконец, это даст вам возможность подходить к готовке творчески, задумываться о том, как на первый взгляд незначительные изменения могут определить результат.

Конечная цель этой книги выходит далеко за пределы кухни. Любознательность и умение формулировать правильные вопросы для разбора сложного процесса лежат в сердце науки и научного подхода. Быть ученым – значит иметь смелость задавать сложные вопросы, самокритично признавать свои ошибки и упрямо доискиваться ответов. И как это всегда бывает в жизни, если не получается – не сдавайтесь. Даже простую классическую задачку печенья с шоколадной крошкой оказалось на удивление сложно решить. Тем не менее именно такой подход поможет вам готовить лучше – а также позволит увидеть, как работают ученые. Важно подчеркнуть, что докапываться до истины и пользоваться доступными средствами, чтобы задавать вопросы и находить ответы, может любой, а не только ученый.

Разбор рецептов

Как разобрать рецепт? Давайте рассмотрим случай печенья с шоколадной крошкой. В каждом рецепте есть две основные части: ингредиенты и описание процесса – метода – приготовления. Чтобы понять рецепт, нужно определить, каким образом ингредиенты превращаются в субстанцию совершенно иного рода. Готовить печенье с шоколадной крошкой мы начинаем с нескольких сухих продуктов (мука, сахар, соль), некоторого количества жидкости (в виде яиц) и жира (сливочное масло). Соединив их должным образом, мы получаем тесто для печенья – субстанцию, свойства которой отличаются от исходных. Тесто можно раскатывать, формировать из него шарики, сплющивать их – и даже ими перебрасываться. Попробуйте проделать это с исходными ингредиентами. Ничего не выйдет. К тому же вкус у теста намного лучше, чем у них. Когда вы отправляете его в духовку, оно снова преображается – на этот раз во вспененное твердое вещество с приятной текстурой. Эти преобразования – результат сделанного нами выбора процесса и ингредиентов.

Чтобы разобрать рецепт, нужно прежде всего понять состав ингредиентов. В случае большинства продуктов это сделать легко, просто посмотрев на сведения о пищевой ценности, где указывается, сколько жиров, белка и углеводов в нем содержится. Это важно с точки зрения калорий, потому что 1 грамм жира дает 9 калорий, а 1 грамм белка или углеводов – 4 калории. Так что, если вы следите за калориями, лучше ограничить потребление жиров.

Однако эта характеристика не учитывает одну интересную вещь. Жиры, белки и углеводы – это *молекулы* разных форм, размеров и свойств. Ключевой момент для понимания рецепта в том, чтобы проследить молекулярные превращения ингредиентов, разобраться, почему эти превращения происходят и как это сказывается на конечном продукте. В книге есть мантра, которой мы следуем снова и снова:

> *Чтобы разобраться в рецепте, нужно понять, как молекулы ингредиентов превращаются в молекулярную структуру блюда.*

Самая важная характеристика продукта (хотя с этим можно поспорить) – то, как мы его воспринимаем, когда едим. Мы так много времени тратим на приготовление потому, что хотим улучшить свой гастрономический опыт. У нашего чувственного

восприятия две стороны: текстура *и* вкус с ароматом. Представьте себе, что едите размокшее печенье: вкус может быть нормальным, но удовольствия вы не получите. А теперь представьте, что едите подгоревшее печенье. Текстура может быть идеальной, но вы его выплюнете. Очень интересно, что молекулярные свойства, определяющие текстуру и вкусоароматические характеристики пищи, кардинально различаются и в основном обеспечиваются (за несколькими важными исключениями) разными видами молекул. В нашей книге мы будем называть эти разные типы молекул «молекулами текстуры» и «вкусоароматическими молекулами». Когда будем анализировать рецепты, вы убедитесь, что они ведут себя по-разному: на самом деле условия для создания выдающегося вкуса и текстуры отчасти и делают кулинарию настолько сложной.

Прежде чем двигаться дальше – и раз уж речь зашла о молекулах, – несколько слов о «молекулярной кухне». Термин был модным, но несколько презрительным именованием работы самых изобретательных шеф-поваров нашего времени. Эти шефы действительно работают с молекулами и прославились тем, что открыли совершенно новые природные ингредиенты и процессы, изменяющие вкус и текстуру. Некоторые их открытия мы обсудим в этой книге. Тем не менее хочется подчеркнуть, что использование молекул в кулинарии не ново: *любое приготовление пищи молекулярно*. Как сказал наш друг Хосе Андрес: «Натирание пармезана – занятие молекулярное». Навешивать на современную кухню ярлык «молекулярная» – значит неправильно понимать, в чем же состоит кулинария.

Молекулы текстуры

Давайте вернемся к нашим двум типам молекул. Молекулы текстуры – это те, которые мы видим в описании пищевой ценности: белки, жиры и углеводы, как показано на рисунке 1. Удивительные изменения продуктов в процессе приготовления почти полностью определяются ими, и эти изменения совершенно различны для белков, жиров и углеводов. Свидетельства тому будут постоянно встречаться в этой книге. Чтобы раздразнить ваш аппетит несколькими примерами, предлагаем задуматься о том, что жиры не растворяются в воде: растительное масло и вода не смешиваются. (Вспомните, что будет с постоявшей салатной заправкой, соусом винегрет: растительное масло поднимется наверх, а уксус окажется внизу.) В отличие от жиров, такие углеводы, как сахар, растворяются очень легко: трудно поверить, но в стакане воды при комнатной температуре можно растворить вдвое большее по весу количество сахара! Как мы позже увидим, приготовление карамели – это, по сути, управление соотношением сахар – вода. Оно возможно потому, что при нагревании смеси в воду можно натолкать еще больше сахара. При 100 ˚C вода может содержать в *четыре* раза больше сахара, чем ее собственный вес. Когда вы после этого вмешиваете в сахарную воду жир, он преображает текстуру и вкус, и вы можете получить вкуснейшую карамель. А вот белки совершенно иные. Они растворяются в воде, но их кулинарные сверхспособности заключаются в том, что при нагревании они распадаются, а потом снова слипаются, приводя к полной трансформации продукта.

И последняя молекула, участвующая в определении текстуры, – главный ингредиент: вода (забавно, что ее на этикетках обычно не указывают). При виде стейка или картофеля вы и не подозреваете, что больше половины в них – вода: 60 % в мясе и 80 % в картофеле. Даже мука, – казалось бы, самый сухой продукт, – содержит до 15 % воды. На рисунке 2 вы увидите еще примеры. Оказывается, когда мы изменяем текстуру продукта, мы часто в первую очередь манипулируем количеством воды. Именно потому свойства воды чрезвычайно важны. Так как еда – это по большей части вода, то законы, управляющие нагреванием стейка, совершенно те же, что и при варке картофеля или выпекании кекса. Более того, в сущности они те же, что и для нагревания стакана воды.

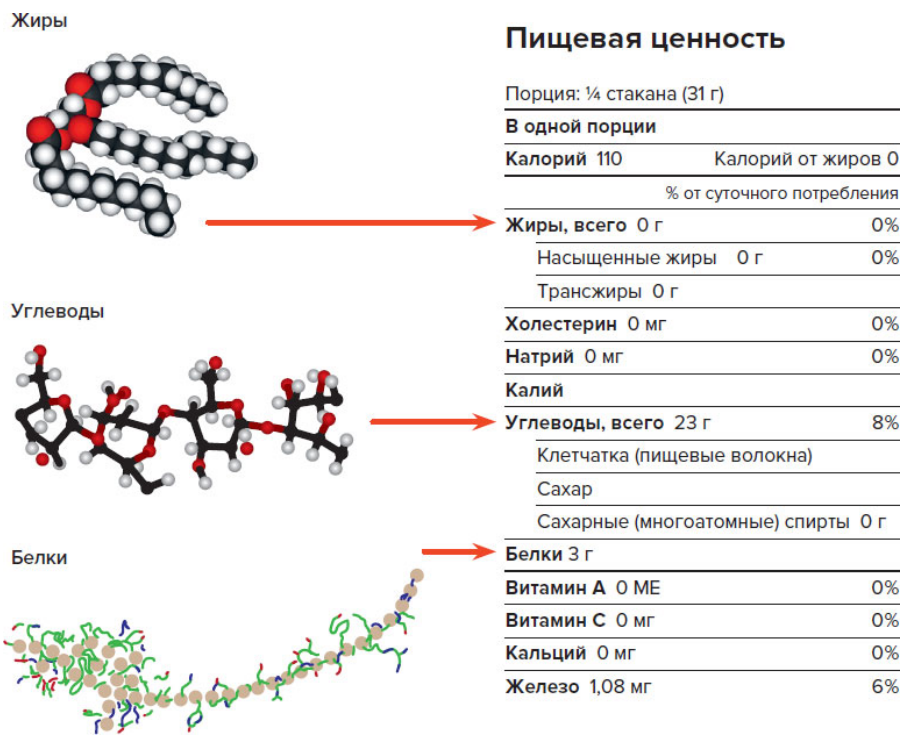


РИСУНОК 1

На этикетках указывается пищевая ценность продукта. Пищевая ценность напрямую связана с молекулярным составом, так что, глядя на указанные цифры, мы можем многое узнать о содержании различных молекул текстуры. На самом деле иногда можно «восстановить» рецепт по сведениям о пищевой ценности и ингредиентам, которые приводятся в порядке уменьшения количества. Представленная этикетка – пример того, как они выглядят в США. Этикетки в других странах сходны по содержанию, но могут записываться по-разному и с использованием иных единиц.

Главные молекулы текстуры обозначены стрелками. Жиры вверху, затем углеводы примерно посередине, и, наконец, белки. Рядом с каждым пунктом указано, сколько граммов этих молекул может содержаться в порции. Молекулы белков, жиров и углеводов относительно крупны, и, поскольку это молекулы текстуры, их должно быть достаточно много, чтобы это на ней сказалось. Вместе с водой они составляют большую часть веса нашей пищи. В данном примере на углеводы и белок приходится 26 г от 31-граммовой порции, а значит, примерно 5 г – это вода.

РИСУНОК 2

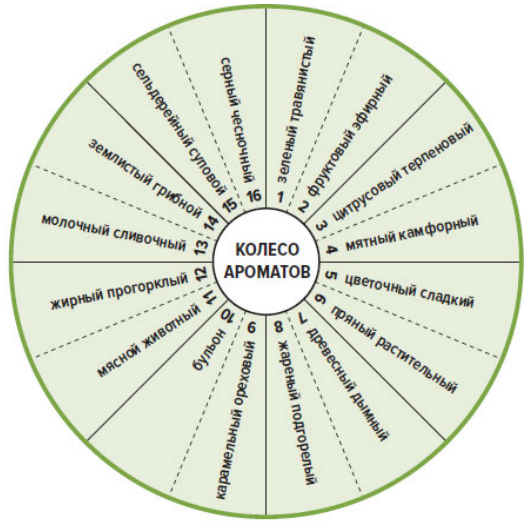
В растительном масле воды нет, что неудивительно, но подавляющая часть пищевых продуктов животного происхождения в основном состоит из воды. Мука кажется сухой, однако крахмалы всегда поглощают некоторое количество воды из атмосферы, и обеспечить их полное обезвоживание очень трудно.

Вкусоароматические молекулы

Несмотря на важность вкусоароматических молекул для восприятия еды, на этикетках они не указываются. Одна из причин в том, что молекулы эти крошечные и появляются в ничтожных количествах: порой молекул, определяющих вкусоароматические характеристики продукта, в миллионы или миллиарды раз меньше, чем белков, жиров и углеводов. Однако без них еда была бы скучной и пресной.

Вкусоароматических молекул бесчисленное количество, и вкус блюда может оказаться результатом соединения сотен таких молекул. Это разнообразие чуть упрощает тот факт, что все вкусоароматические молекулы можно разбить на два больших класса (см. рисунок 3), которые различаются и тем, как мы их воспринимаем, и тем, как получаем их для приготовления пищи. Молекулы собственно *вкуса* связываются со вкусовыми рецепторами на нашем языке. Вкусов пять: сладкий, соленый, кислый, горький и умами. А вот *ароматические молекулы* связываются с обонятельными рецепторами в задней части нашего носа. Они попадают на рецепторы, отделяясь от еды, когда мы ее пережевываем, и летят по воздуху из задней части рта к задней части носа. Ароматические молекулы – главный источник богатых и разнообразных оттенков вкуса и запаха пищи. Их способны ощущать лишь очень немногие животные: есть даже теория, что эволюция человеческого мозга – прямой результат нашей способности их распознавать.

Молекулы вкуса	
Сладость	потенциально высокая калорийность; сахароза определяется при 10 ммоль/л
Кислота	потенциально либо испорченный, либо свежий продукт
Соль	электролит
Горечь	потенциально ядовитое; хинин определяется при 8 мкмоль/л
Умами	потенциально высокая калорийность



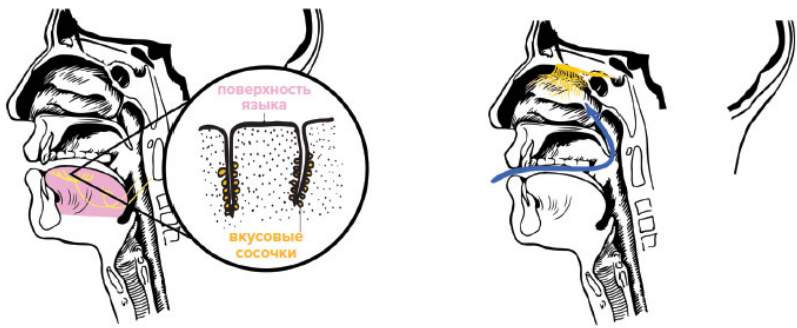


РИСУНОК 3

Молекулы вкуса, изображенные слева, определяются рецепторами языка. Хотя основных вкусов пять, мы воспринимаем их по-разному в зависимости от того, как они сочетаются. В результате эволюции определенные вкусы ассоциируются у нас с благотворным или вредным воздействием на наш организм. Сладость, которая для большинства людей является приятным ощущением, обычно ассоциируется с хорошими источниками быстрой энергии. Горечь, наоборот, может помочь определить нечто ядовитое. Возможно, именно поэтому ребенка не приходится уговаривать доесть сладкий десерт, а вот горький вкус часто попадает в категорию «приобретенных».

Ароматические молекулы, изображенные справа, воспринимаются обонятельными рецепторами носа. Они могут попасть туда двумя путями: через ноздри и, что, пожалуй, важнее, через заднюю часть рта при пережевывании и проглатывании пищи. У человека около восьми сотен генов обонятельных рецепторов, что делает их гораздо более сложной и чуткой системой, нежели вкус. На самом деле кажущиеся различия между продуктами можно проследить до их ароматических

молекул, а не молекул вкуса. В известном эксперименте люди с завязанными глазами зажимали носы и ели кусочки яблок, лука и картофеля. Дегустаторов просили угадать, который из трех продуктов они едят. Обычно вкус продуктов кажется довольно похожим до того момента, как их собираются проглотить. В этот момент, когда рецепторы запаха улавливают проходящую пищу, вы наконец получаете информацию для четкой идентификации, которую пропустил зажатый нос. Если у дегустатора насморк, рецепторы в носу и во рту блокируются слизью, из-за чего пища кажется пресной.

В целом вкусоароматические молекулы обычно очень мелкие. В особенности ароматические: они должны быть достаточно легкими, чтобы парить в воздухе, летучими. Но даже молекулы вкуса обычно крошечные, потому что именно маленькие молекулы лучше связываются со вкусовыми рецепторами. И наоборот, белки, жиры и углеводы большие и неуклюжие и в результате почти не обладают собственным вкусом и ароматом: они слишком велики для того, чтобы связываться с рецепторами. Вместо этого они отправляются прямо к нам в желудок, где сжигаются, давая калории.

А вот провести границу между вкусом и ароматом может оказаться на удивление непросто. В английском языке вкусоароматические характеристики продукта обозначаются словом *flavor*. Ароматические молекулы из пищи легко переходят изо рта в ретроназальное пространство, создавая у нас впечатление определенного вкуса, тогда как на самом деле это аромат. В качестве упражнения по разграничению этих двух явлений попробуйте провести первый эксперимент из врезки. Второй эксперимент показывает, что комбинация вкусов бывает очень сложной и интересной. Оба этих опыта помогают понять те факты относительно вкуса и аромата, которые важны для создания вкусных блюд.

МЯТНЫЙ ЛЕДЕНЕЦ

Зажмите нос, а корнем языка постарайтесь максимально перекрыть глотку. Теперь положите в рот мятный леденец и попробуйте определить, какой вкус (какие вкусы) ощущаете. А теперь отпустите нос. Что произошло? Пока вы зажимали нос, леденец, скорее всего, казался вам просто сладким. А потом вы ощутили взрыв мятного вкуса и запаха. Это потому, что ментол (вкусоароматическая молекула в мяте) состоит из мятного запаха,

с которым мы все знакомы, плюс чуть-чуть горечи и ощущения прохлады. Пока вы зажимали нос, организм не мог ощутить аромат ментола, а горечь, скорее всего, перебивалась сладостью. Ощущение прохлады объясняется тем, что ментол активирует определенные нервы во рту и в носу. Пока вы зажимали нос, этого тоже не происходило в полной мере. Вы можете проделать этот опыт с любым продуктом, чтобы отделить его запах от вкуса, что поможет оценить, как они работают совместно, создавая уникальные вкусоароматические сочетания.

БАЛАНС ВКУСА: СЛАДОСТЬ – КИСЛОТА

Как известно, в газированных напитках много сахара. На самом деле в каждой банке объемом 355 мл (примерно 11/2 стакана) содержится около 1/4 стакана сахара. Вы никогда не задумывались, как производителям удается добавить такое большое количество сахара, но при этом не сделать напиток чересчур сладким? Чтобы ответить на этот вопрос, давайте поставим быстрый эксперимент.

Наполните стакан питьевой водой и размешивайте в нем по 1 чайной ложке сахара за прием, пробуя после каждого добавления, пока вода не станет неприятно приторной. А теперь добавляйте по 1/4 чайной ложки уксуса, каждый раз отпивая понемногу, пока вкус снова не станет приемлемым. Обязательно записывайте, сколько уксуса вы добавили к сахарной воде.

Наполните другой стакан питьевой водой и влейте туда такое же количество уксуса, какое добавили к предыдущему стакану, отпейте немного – и постарайтесь не поморщиться!

Вот в чем секрет кока-колы. Сахара в ней столько, что большинству было бы невкусно. Однако за счет добавления кислоты (и других вкусоароматических веществ) получается довольно вкусный напиток. Газирование – еще один источник кислоты, и поэтому выдохшаяся кола на вкус слаще свежей.

Это один из множества разнообразных примеров того, как молекулы вкуса могут уравновешивать друг друга. Таким образом во многих рецептах добавляются слои вкусов и ароматов и выявляются скрытые вкусоароматические характеристики ингредиентов. Умелый повар знает, как заставить различные вкусоароматические компоненты подчеркивать друг друга, и не боится экспериментировать с ними, чтобы улучшать общий вкус своего блюда. Например, из-за взаимодействия сахара и кислоты некоторые повара добавляют в свой соус маринара немного сахара, чтобы уравновесить вкус слишком кислых помидоров.

Натан Мирволд идет еще дальше и добавляет в красное вино щепотку соли, чтобы улучшить его вкус.

Откуда берутся вкусоароматические молекулы?

Вкусоароматические молекулы исходно содержатся в пище и к тому же добавляются в процессе приготовления. Вы удивитесь, узнав, что в приготовленном продукте этих молекул намного больше, чем в сыром. Но задумайтесь: вкус испеченного печенья сильно отличается от вкуса теста. Вкус поджаренного стейка не похож на тартар из говядины. Вспомните, что молекулы белков, жиров и углеводов слишком велики, чтобы связываться с нашими рецепторами вкуса и запаха, и потому нам нужны крошечные молекулы, которые придадут пище вкус. Иногда мы добавляем их на ранних этапах. Например, в рецепте печенья с шоколадной крошкой мы используем сахар, соль и ваниль. Соль достаточно мала, чтобы связываться с рецепторами соленого у нас на языке, а в ванили есть мелкая молекула, называемая ванилином, которая соединяется с рецепторами запаха в задней части носа. У шоколада тоже есть вкус и аромат, но он – более сложный ферментированный продукт, имеющий свойства, которые мы будем рассматривать позже.

И все же главное волшебство создания вкуса и аромата происходит во время готовки. Процесс приготовления способен буквально разорвать молекулы белков, жиров и углеводов и превратить их во вкусоароматические молекулы! Крупные молекулы распадаются на молекулы поменьше, а те – на все более и более мелкие. В итоге они оказываются достаточно малы, чтобы распознаваться нашими рецепторами. Одним из ключевых агентов в создании вкуса и аромата является нагрев, вызывающий распад молекул (нагрев мы подробнее обсудим в главе 2). Однако сходное создание вкуса и аромата происходит и при многих других процессах приготовления пищи. Приготовление пищи с помощью микробов, например ферментация при квашении капусты или засолке огурцов, также разбивает крупные молекулы на крошечные вкусоароматические молекулы. То же верно и для копчения и выдержки.

Вкус и кислоты

Самый простой пример обычной вкусоароматической молекулы – это кислоты, молекулы которых дают соответствующий вкус. С научной точки зрения молекулы кислоты характеризуются тем, что легко отдают ионы водорода.

Наши вкусовые сосочки ощущают кислоту, обнаруживая водород: ионы водорода блокируют протонные каналы в рецепторах и отправляют в мозг сигнал «кисло». Интересно, что для того, чтобы пища была распознана как кислая, нужно очень немного ионов водорода. Когда лимонная кислота растворяется в воде, она распадается на части, оставляя плавать небольшое количество ионов водорода. На самом деле, если вы растворите в воде очень маленькое количество лимонной кислоты, ионов водорода там будет в миллионы раз меньше, чем молекул воды. Казалось бы, ионы водорода должны были бы редко наталкиваться на вкусовые сосочки, но на самом деле они постоянно контактируют с ними, а чтобы создать кислый вкус, только это и нужно. Поистине удивительное научное явление – общее свойство вкуса: нужно относительно немного молекул, чтобы вызвать сильное вкусовое ощущение. Следовательно, в кулинарии требуется очень тщательно уравновешивать вкусы.

Кислоты важны для всей химии, а не только для кулинарии. Ученые разработали специальный водородный показатель, pH, для измерения кислотности. pH показывает количество ионов водорода как процент от общего количества молекул воды. По сложившейся традиции ученые пользуются шкалой, которая разъясняется во врезке. Важно, что pH чистой воды равен 7, а у лимонного сока этот показатель составляет примерно 2. Это значит, что в лимонном соке ионов водорода на пять порядков (в 100 000 раз) больше, чем в чистой воде.

pH

pH – это логарифмическая шкала для измерения кислотности (и щелочности). Она говорит вам, сколько протонов (ионов H^+) находится в растворе. Почему это нам важно? Ионы H^+, по сути, забивают или перекрывают протонные каналы в наших вкусовых сосочках, тем самым отправляя нам в мозг сигнал «кисло». Растворы с низким pH ($pH < 7$) кислотные и кажутся нам кислыми на вкус, а щелочные растворы ($pH > 7$) часто кажутся горькими, металлическими или мыльными. Шкала pH, разработанная датским ученым Сёреном Сёренсеном, основана на концентрации ионов водорода, которая дается в количестве молей H^+ на литр раствора; 1 моль равен примерно 6×10^{23} единицам (в данном случае, ионам), то есть 6 с 23 нулями! Мы используем этот странный показатель (у него даже есть имя: число Авогадро), потому что так проще считать. Иначе подсчет количества ионов или молекул быстро становится весьма

громоздким. Логарифмическая шкала говорит нам: изменение pH на одну единицу означает, что концентрация H^+ изменилась в 10 раз. Лимонный сок с pH = 2 имеет в 10 раз меньшую концентрацию ионов H^+, чем желудочный сок, pH которого 1. Все это означает, что мы можем определить pH по экспоненте концентрации. Например, в литре воды комнатной температуры 10^{-7} молей ионов H^+, так что нейтральный водородный показатель (pH) принят за 7. (Стоит отметить, что Сёренсен открыл эту шкалу, изучая ферментацию пива: достойная тема для курса «Наука и кулинария»!) Однако люди очень быстро поняли, что общая концентрация водорода не всегда прямо соответствует кислотности: важна именно концентрация растворенных или активных ионов H^+.

РИСУНОК 4

Молекулы вкуса, изображенные слева, определяются рецепторами языка. Хотя основных вкусов пять, мы воспринимаем их по-разному в зависимости от того, как они сочетаются. В результате эволюции определенные вкусы ассоциируются у нас с благотворным или вредным воздействием на наш организм. Сладость, которая для большинства людей является приятным ощущением, обычно ассоциируется с хорошими источниками быстрой энергии. Горечь, наоборот, может помочь определить нечто ядовитое. Возможно, именно поэтому ребенка не приходится уговаривать доесть сладкий десерт, а вот горький вкус часто попадает в категорию «приобретенных».

Ароматические молекулы, изображенные справа, воспринимаются обонятельными рецепторами носа. Они могут попасть туда двумя путями: через ноздри и, что, пожалуй, важнее, через заднюю часть рта при пережевывании и проглатывании пищи. У человека около восьми сотен генов обонятельных рецепторов, что делает их гораздо более сложной и чуткой системой, нежели вкус. На самом деле кажущиеся различия между продуктами можно проследить до их ароматических молекул, а не молекул вкуса. В известном эксперименте люди с завязанными глазами зажимали носы и ели кусочки яблок, лука и картофеля. Дегустаторов просили угадать, который из трех продуктов они едят. Обычно вкус продуктов кажется довольно похожим до того момента, как их собираются проглотить. В этот момент, когда рецепторы запаха улавливают проходящую пищу, вы наконец получаете информацию для четкой идентификации, которую пропустил зажатый нос. Если у дегустатора насморк, рецепторы в носу и во рту блокируются слизью, из-за чего пища кажется пресной.

СОУС К УТКЕ ОТ ДАНИЭЛЯ ХАММА

Даниэль Хамм, замечательный шеф нью-йоркского ресторана Eleven Madison Park, многие годы считается одним из лучших поваров мира. Он большой поклонник кислот в кулинарии и очень эффективно использует их в своих ресторанах. Он рассказал нашим гарвардским слушателям, что кислота обладает способностью придавать особый вкус даже самым скучным ингредиентам, а высококлассные ингредиенты может сделать поистине поразительными. В этом секрет сбрызгивания картофеля фри уксусом: именно кислинка уксуса заставляет вас брать добавку. И в ней же секрет фастфуда, дешевого вина (просто добавьте кислоты!), газировки… список можно продолжать долго. Чтобы проиллюстрировать утверждение Даниэля, что кислота способна сделать вкусную еду еще вкуснее, давайте рассмотрим его рецепт соуса (жю) с уткой и цитрусовыми (он подает его к своей знаменитой утке с лавандой и медом), в котором содержится четыре разных кислоты: лимонный сок, сок лайма, апельсиновый сок и уксус. На занятии мы даем студентам задание подсчитать pH получившегося соуса. Даниэль определил, что идеальный pH для его соуса равен 4,6. В этом соусе pH особенно важен, так как он уравновешивает животный, жирный, богатый вкус утки и сладость от сахара в соусе.

Утиный жю с цитрусовыми

Ингредиенты

50 г рапсового масла
300 г утиных шей, крыльев и лапок
1 кг куриного жю (рецепт см. далее)
50 г цитрусового соуса гастрик (рецепт см. далее)
10 г сока лайма
5 г апельсинового сока
3 г малинового уксуса
7 г соли

Инструкции

1. Нагрейте масло в большой кастрюле на сильном огне. Обжаривайте в нем утиные шеи, крылья и лапки, изредка переворачивая, чтобы они хорошенько карамелизовались (около 20 минут).

2. Слейте вытопившийся жир и добавьте куриный жю. Доведите до слабого кипения и уваривайте до консистенции соуса. Добавьте соус гастрик и перемешайте.

3. Процедите соус через сито-шинуа и добавьте соки лайма и апельсина, малиновый уксус и соль. Подавайте теплым.

Рецепт и изображение предоставлены Даниэлем Хаммом

Куриный жю

Ингредиенты

100 г рапсового масла

560 г репчатого лука, нарезанного кубиками со стороной 2 см

260 г очищенной моркови, нарезанной кубиками со стороной 2 см

260 г сельдерея, нарезанного кубиками со стороной 2 см
100 г томатной пасты
1 бутылка сухого красного вина (750 мл)
4,5 кг куриных крылышек
2,5 кг куриных лапок
13,5 кг[1] воды
2 лавровых листа
10 веточек тимьяна
25 горошин черного перца

Инструкции

1. Разогрейте конвектомат до 205 °C, включив конвекцию на максимум.

2. Нагрейте масло в большой металлической форме для запекания на сильном огне. Обжаривайте в нем лук, морковь и сельдерей до карамелизации (около 12 минут). Добавьте томатную пасту и обжаривайте еще около 3 минут. Влейте красное вино и уварите вдвое (около 20 минут). Отставьте в сторону.

3. Тем временем выложите куриные крылышки в один слой на два больших противня с бортиками и запекайте до подрумянивания, около 50 минут; по прошествии 25 минут переверните. Слейте вытопившийся жир.

4. Переложите запеченные крылышки в большую кастрюлю и добавьте лапки и воду. Доведите до слабого кипения на умеренном огне и снимите с бульона все примеси и жир, которые поднимутся на поверхность.

5. Добавьте в кастрюлю смесь овощей в вине, лавровый лист, тимьян и перец. Оставьте слабо кипеть на небольшом огне, не накрывая крышкой, на 6 часов. Каждые 30 минут снимайте пену.

6. Процедите бульон через сито-шинуа, верните в кастрюлю и уварите на слабом огне до 4 стаканов (примерно 1 л).

7. Приготовьте ледяную баню. Процедите уваренный жю и охладите на льду. Храните в герметичном контейнере в холодильнике до 3 суток или в морозильнике до 1 месяца.

Цитрусовый соус гастрик

Ингредиенты

1 звездочка бадьяна
400 г красного винного уксуса
400 г сахара
Мелко натертая цедра и сок 6 лимонов

Мелко натертая цедра и сок 6 лаймов
Мелко натертая цедра и сок 6 апельсинов

Инструкции

1. Поджарьте бадьян в глубокой сковороде на среднем огне до появления сильного аромата (около 2 минут). Залейте уксусом и сохраняйте теплым.

2. Растопите сахар в сухом сотейнике на среднем огне, вращая для равномерной карамелизации. Когда он превратится в темную карамель, влейте уксус с бадьяном, энергично перемешивая венчиком до полной однородности, и уварите вдвое (около 20 минут).

3. Добавьте соки и снова уварите вдвое (около 30 минут).

4. Вмешайте цедру и дайте остыть до комнатной температуры. Извлеките и выбросьте бадьян.

Смешивание текстуры и вкуса

При приготовлении пищи молекулы текстуры смешиваются со вкусоароматическими молекулами. Число вкусоароматических молекул в блюде важно, потому что мы что-то почувствуем, только если их наберется достаточное количество. Однако взаимодействие молекул отвечает и за текстуру. Оно зачастую весьма сложно, и большая часть нашей книги будет посвящена рассмотрению этих процессов на различных примерах. Для начала давайте задумаемся над кардинально различным *количеством* молекул текстуры, которые «вступают в сговор» в том или ином блюде.

Подсчет молекул текстуры в печенье

Допустим, вам захотелось зарисовать молекулярную структуру печенья с шоколадной крошкой. У вас есть нити крахмала, молекулы соли и сахара, более крупные молекулы жира и так далее. Картина получилась бы совсем иной, если длинных молекул крахмала было бы намного больше, чем мелких молекул сахара. Иными словами, сведения об относительном количестве каждого вида молекул меняют картину. Ясно, что в тесте для печенья граммов сахара больше, чем соли, но молекула соли намного меньше молекулы сахара. Так как же соотносятся их количества? Чтобы это выяснить, давайте перепишем рецепт. Вместо того чтобы записывать объем или вес ингредиентов, приведем количество молекул.

Тесто для печенья – это просто сочетание всех молекул его ингредиентов. Чтобы определить число молекул некоего ингредиента, мы возьмем вес этого ингредиента и разделим на вес его отдельной молекулы. Эти цифры приведены в таблице далее. В первой строчке у нас пищевая сода, или бикарбонат натрия. Сода состоит из одного иона натрия, двух – углерода и трех – кислорода. Вес одной ее молекулы $1{,}4 \times 10^{-22}$ граммов (эту цифру мы получаем, найдя молекулярный вес пищевой соды, который равен 84 г/моль, и разделив на число молекул в моле, 6×10^{23} молекул). Для рецепта требуется 1 чайная ложка соды, что соответствует приблизительно 5 граммам. Это значит, что общее число молекул пищевой соды будет 5 г / $1{,}4 \times 10^{-22}$ г = $3{,}6 \times 10^{22}$, то есть 3,6 с 22 нулями.

Для других строчек таблицы проведем аналогичные расчеты: в соли один ион натрия и один – хлора; таким образом, каждая молекула соли весит $9{,}6 \times 10^{-23}$ грамма (то есть имеет

молекулярный вес 58 г/моль). Это дает нам 6×10^{22} молекул. Дело становится более интересным, когда мы начинаем рассматривать углеводы, белки и жиры рецепта, поскольку у них много разных источников. Например, источник углеводов – это не только сахар (и обычный, и коричневый), но и мука. Мука состоит из зерен крахмала, которые разбухают при нагреве, и из белков, таких как глютен, которые делают тесто плотным и способным растягиваться. Позднее мы подробнее рассмотрим оба этих типа молекул, а сейчас просто хотим подсчитать, сколько их в рецепте печенья, чтобы получить тем самым общее количество углеводов. Теперь перейдем к белкам. Здесь два основных источника белка: яйца и глютен муки. В яйце много разных белков, но основной – это овальбумин (яичный альбумин). Жиры дает как сливочное масло, так и желтки – в виде различных масляных кислот.

Сложив все эти цифры, мы получаем суммы, указанные в таблице. В целом молекул жира и сахара примерно одинаковое количество (10^{23}). По сравнению с ними количество молекул пищевой соды и соли примерно в десять раз меньше, а молекул белка – еще меньше (10^{20}). Интересно, что меньше всего оказалось молекул крахмала и ванилина: конечно, крахмал огромный, а ванилин крошечный. А самая распространенная молекула – это вода (10^{24}).

Ингредиент	Общий вес в рецепте	Вес одного моля (вес 6×10^{23} молекул)	Количество молекул
Пищевая сода	5 г	84 г/моль	$3{,}6\times10^{22}$
Соль	6 г	58 г/моль	6×10^{22}
Ваниль[1]	0,02 г	152 г/моль	8×10^{19}
Углеводы:			
сахарный песок	150 г	342 г/моль	$2{,}6\times10^{23}$
коричневый сахар	150 г	342 г/моль	$2{,}6\times10^{23}$
крахмал (мука)[2]	202 г (75% муки)	60 000 000 г/моль	2×10^{18}
Белки:			
яйца[3]	10 г +	50 000 г/моль	$4{,}5\times10^{20}$
мука (глютенин и глиадин)[4]	27 г (10% муки)		
Жиры[5]:	160 г +		
сливочное масло	10 г	270 г/моль	$3{,}8\times10^{23}$
яйца			
Вода:			
сливочное масло	65 г +	18 г/моль	$4{,}7\times10^{24}$
яйца	75 г		

[1] В ванильном экстракте молекул ванилина меньше 0,5 %.

[2] Крахмал муки состоит из амилозы и амилопектина, молекулярный вес которых зависит от того, из скольких мономеров глюкозы они состоят, варьируя от 500 до пары

миллионов. Здесь мы взяли примерно треть миллиона мономеров, что дает общий молекулярный вес 60 000 000 г/моль.

[3] Яйца содержат много различных белков. Овальбумина, имеющего молекулярный вес 43 000 г/моль, в них больше всего. В среднем молекулярный вес белков можно оценить в 50 000 г/моль.

[4] Для целей этого анализа мы можем принять молекулярный вес глютенина и глиадина за равный 50 000 г/моль. Это близко к молекулярному весу белков глютенина и глиадина на самом низком участке диапазона для глютенина, чей молекулярный вес может достигать пары миллионов г/моль.

[5] В яйцах и сливочном масле содержится много различных жиров. В яйцах это в основном олеиновая, пальмитиновая и линолевая кислоты, в сливочном масле – пальмитиновая, миристиновая, олеиновая и стеариновая кислоты. Мы можем оценить средний молекулярный вес молекул жира как равный приблизительно 270 г/моль.

Следовательно, если вы посмотрите на мягкое тесто для печенья в молекулярном масштабе, то увидите массу крупных молекул углеводов и жиров в окружении примерно такого же количества более мелких молекул воды. Остальные молекулы (белки, соль, ванилин) присутствуют в гораздо меньшем количестве – но обязательно включите и их, иначе вы рискуете изменить весь рецепт! Если не верите, попробуйте приготовить печенье без соли или соды. Спорим, вам не очень-то захочется его есть!

ИЗМЕРЕНИЕ ОБЪЕМА НЕ ОЧЕНЬ ТОЧНОЕ

В точных кулинарных процессах используется не объем, а вес. Это связано с тем, что результат зависит от количества молекул добавленных нами ингредиентов. Этот показатель точнее измеряется с помощью веса, а не объема, на который может влиять очень многое – в том числе то, насколько плотно вы трамбуете ингредиенты в мерном стакане перед взвешиванием, и даже то, насколько точна сама мерная емкость. Уверены ли вы в том, что отметка «1 стакан» на вашей емкости действительно указывает на объем, равный ровно 1 стакану? Не хотим вас пугать, но, судя по нашему опыту, тут бывают существенные погрешности.

Вы можете проверить это у себя дома, взяв мерный стакан, который вмещает 237 мл, наполнив его водой и определив вес

воды (в граммах) с помощью цифровых весов. Обязательно обнулите вес емкости, нажав кнопку «0» или «тара» после того, как поставите на весы пустой стакан. Если вы аккуратно наполните мерный стакан до отметки 237 мл, вода должна весить 237 г, потому что плотность воды 1 г/моль. Если это не так, то, скорее всего, нанесенные на вашу емкость риски не точные. (Возможен и второй вариант: у вас неточные весы, но это обычно легко исправить, следуя заводским инструкциям по калибровке.) Этот эксперимент повторили тысячи участников онлайн-курса «Наука и кулинария». На таблице показан разброс веса, полученного ими. Как видите, измерения не всегда точны, так что стакан для автора рецепта не всегда окажется таким же, как стакан на вашей кухне. Еще сильнее осложняет ситуацию то, что 237 мл – это «1 стакан» из кулинарных книг США, но в других странах «стакан» может иметь несколько иной объем. Рецепты для домашней кухни (например, соус маринара или даже печенье с шоколадной крошкой) обычно работают вне зависимости от того, насколько скрупулезно вы им следуете, потому что они очень снисходительны в отношении вариаций температуры и количества ингредиентов. Однако многие рецепты выпечки основаны на точных соотношениях, как и многие рецепты от шеф-поваров, которые включены в нашу книгу. Часть их волшебства как раз в том, что повара научились очень точно управлять сложными рецептами для достижения неизменно превосходных результатов.

Смешивание ингредиентов в печенье

После подготовки ингредиентов следующим этапом рецепта печенья становится их смешивание. Это может показаться простым делом, но, как только вы начинаете мешать, волшебство проявляет себя. Причина проста: ингредиенты делятся на твердые и жидкие. Как только твердые и жидкие ингредиенты соединяются, они преображают друг друга: соль и сахар растворяются, жидкость мутнеет и густеет. Максимальное количество твердого вещества, способного раствориться в жидкости, называется пределом растворимости. Стоит отметить, что различные вещества, очень похожие с виду, могут иметь кардинально различные *пределы растворимости*.

Самый удивительный пример – соль и сахар. Для печенья нужны оба. Если бы вам дали банки с солью и сахаром и попросили их различить, это можно было бы сделать просто на вкус. Однако есть и еще одно важнейшее отличие: сахара в воде может раствориться намного больше, чем соли. Можете сами это проверить, чтобы убедиться: если у вас килограмм (литр) воды, в ней может раствориться примерно треть килограмма соли. А сахара в том же килограмме воды может раствориться аж 2 килограмма.

Что это значит для нашего рецепта печенья? Согласно таблице всего в рецепте 140 г воды. Примерно половина ее – из сливочного масла, вторая половина – из яиц. Вся соль легко растворится, поскольку ее намного меньше предела растворимости. А вот сахара тут предельное количество: его 300 г, то есть примерно вдвое больше, чем воды. Когда вы вмешаете сахар, он с трудом растворится! Если вы добавите еще сахара, гладкого теста не получится: он отделится. Жир из рецепта также не может раствориться в воде. Единственный ингредиент, растворяющийся в жире, – ароматическая молекула ванилин, имеющая жироподобные свойства, позволяющие ей смешиваться с молекулами жира.

МАДЛЕНКИ ПРУСТА ОТ ЖОРДИ РОКА

Идея молекул вкуса важна не только для простых рецептов: она играет определяющую роль в более причудливых и сложных рецептах. Чтобы подчеркнуть это, мы закончим главу демонстрацией потрясающего рецепта от Жорди Рока, кондитера каталонского ресторана El Celler de Can Roca. Жорди захотелось создать блюдо со вкусом старых библиотечных книг. Для этого ему нужно было выделить вкус и запах старинных книг так, чтобы потом ввести его в блюдо. Жорди основывался на идее, что

молекулы со вкусом старой книги не водорастворимы, а жирорастворимы. Чтобы извлечь вкус и запах старой книги, он взял старый том с особенно сильным «книжным» запахом и намазал его страницы лярдом. Герметически запечатав книгу в пластик, он мацерировал, то есть размягчал ее в течение 12 часов на водяной бане при низкой температуре (по сути, он приготовил ее по технологии су-вид, которую мы еще будем обсуждать). После этого Жорди собрал лярд и с помощью дистилляции отделил от него вкусоароматические молекулы. Выделив нужный запах, он легко смог использовать его в рецепте.

Рецепт и изображение предоставлены рестораном El Celler de Can Roca

Мадленки Пруста

Ингредиенты

Рисовая бумага и пищевые чернила
Мороженое «Мадлен» (рецепт см. далее)
Хрустящее тесто фило (рецепт см. далее)
Крем с чаем «Дарджилинг» (рецепт см. далее)
Экстракт старых книг (рецепт см. далее)

Инструкции

1. Пищевыми чернилами напечатайте отрывки из книги Марселя Пруста «В поисках утраченного времени» на рисовой бумаге*.

2. Для подачи выложите на блюдо кнели мороженого «Мадлен». Покройте их кремом с чаем «Дарджилинг». Сверху воткните кусочки хрустящего теста фило и клочки рисовой бумаги. Добавьте каплю разбавленного экстракта старых книг.

* *Удачи с этим на домашней кухне!*

Мороженое «Мадлен»

Ингредиенты

4440 г цельного молока
1840 г жирных сливок
400 г обезжиренного сухого молока
1700 г декстрозы
490 г сахара
70 г CSIM («Кремодан», стабилизатор для мороженого)
10 палочек корицы
5 г лимонной цедры
1000 г мадленок с чаем «Дарджилинг» (рецепт см. далее)

Инструкции

1. В большой кастрюле нагрейте молоко, сливки, сухое молоко и декстрозу до 40 °C.

2. Добавьте сахар, CSIM, палочки корицы и лимонную цедру и доведите до 85 °C, постоянно перемешивая силиконовой лопаткой.

3. Снимите кастрюлю с огня, извлеките палочки корицы и добавьте мадленки. Разомните мадленки в молочной смеси, накройте крышкой и поставьте в холодильник до полного охлаждения.

4. Залейте охлажденную смесь в мороженицу и взбейте. Храните при –18 ˚С.

Мадленки с чаем «Дарджилинг»

Ингредиенты

300 г сливочного масла
195 г инвертного сахара
75 г молока
8 г чая «Дарджилинг»
4 г соли
367 г пшеничной муки
180 г сахарной пудры
15 г активных сухих дрожжей
365 г слегка взбитых яиц

Инструкции

1. В кастрюлю среднего размера поместите масло, инвертный сахар, молоко, чай и соль. Нагревайте, пока масло не растопится. Процедите в чистую миску и отставьте.

2. Просейте и смешайте муку, сахарную пудру и дрожжи.

3. В «Термомиксе» нагрейте яйца до 30 ˚С и эмульгируйте их с масляной смесью. Вмешайте мучную смесь до получения однородного теста.

4. Разлейте тесто по силиконовым формочкам в виде ракушек. Выпекайте без подачи пара при 175 ˚С 4 минуты. Разверните формочки и пеките еще 3 минуты, чтобы мадленки пропеклись равномерно. Достаньте из духовки, дайте остыть, а потом извлеките из формочек и подавайте или сложите в герметичный контейнер.

Крем с чаем «Дарджилинг»

Ингредиенты

100 г желтков
45 г кукурузного крахмала
250 г холодного молока
250 г жирных сливок

50 г сахара
20 г чая «Дарджилинг»

Инструкции

1. В миске среднего размера взбейте желтки, крахмал и немного холодного молока до однородности.

2. В небольшой кастрюле смешайте оставшееся молоко, сливки, сахар и чай. Доведите до кипения и снимите с огня. Накройте крышкой и оставьте на 20 минут, чтобы смесь настоялась.

3. Процедите настой в чистую кастрюльку и добавьте смесь с желтками. Доведите до кипения и снимите с огня.

4. Перелейте крем в контейнер. Накройте пленкой и прижмите ее к поверхности, чтобы под ней не осталось воздуха. Уберите в холодильник.

Хрустящее тесто фило

Ингредиенты

1 лист теста фило
80 г растопленного сливочного масла
50 г сахарной пудры

Инструкции

1. Разогрейте духовку до 205 °C.

2. Кисточкой смажьте тесто фило растопленным маслом, выложите на противень и посыпьте сахарной пудрой.

3. Выпекайте 12 минут или до подрумянивания. Разломайте хрустящее фило на кусочки и храните в герметичном контейнере.

Экстракт старых книг

Ингредиенты

4 кг старых книг (только черно-белые страницы)
8 кг дезодорированного свиного жира, или лярда
Пищевой этанол

Инструкции

1. Нагрейте лярд до 40 °C, чтобы он растопился, а потом смажьте им книги и страницы. Сложите в пластиковый пакет, вакуумируйте и мацерируйте на водяной бане 6 часов.

2. Соберите лярд. Не остужая, смешайте его с равным

количеством этанола (спирт помогает экстрагировать вкус и аромат из жира).

3. Оставьте на 5 часов, а потом процедите и дистиллируйте при 37 °C и давлении 0,9 бар, чтобы отделить спирт и получить экстракт старых книг.

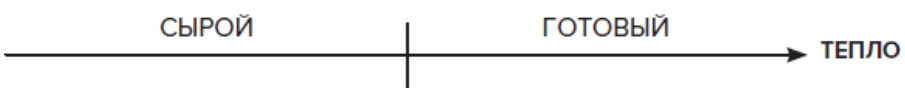
4. Храните дистиллят в холодильнике в герметичном непрозрачном контейнере. Перед использованием разбавьте в соотношении 1:8 (5 мл экстракта в 40 мл дезодорированного растительного масла).

2
Нагрев

Мне нравится рассматривать нагрев как кулинарный ингредиент. Берете сырые овощи, или какое-то мясо, или тесто, добавляете нагрев – и получаете готовое блюдо, вкус и аромат которого совсем не такой, как у исходных материалов. Из всех кулинарных ингредиентов нагрев – самый обычный. А еще самый таинственный. Это потому, что его трудно измерить и им трудно управлять. Он невидим. Он нематериален, в отличие от воды или муки.

Гарольд Макги

В английском языке для приготовления пищи с использованием тепла есть специальное слово, *cooking* (поэтому англоговорящие повара салаты не «готовят», а «делают»). Тепло можно применять по-разному: это и варка, и обжаривание, и тушение, и выпекание. Мы, как ученые, любим превращать нормальные фразы в четкие картинки, так что предлагаем вашему вниманию простой рисунок:



На рисунке температура показана на горизонтальной оси – и где-то на ней находится температура перехода, после которой еда начинает приготавливаться. Переход в кулинарии обычно происходит резко: как только продукт нагревается выше критической температуры, он преображается и становится готовым к употреблению.

Но что на самом деле делает нагрев? В чем разница между сырой и приготовленной пищей? Если коротко, нагрев заставляет ингредиенты блюда распадаться, а потом соединяться снова, но уже иначе. В повседневной жизни мы привыкли к тому, что

нагрев заставляет что-то распадаться: огонь заставляет древесину дезинтегрировать, а высвобождаемая при этом энергия позволяет горению продолжаться. То же происходит с бензином в автомобиле: после зажигания молекулы бензина распадаются, а высвобождаемая энергия позволяет машине ехать. Мы называем такие переходы *фазовыми превращениями*, подчеркивая, что вид веществ полностью изменяется.

Хотя в результате нагрева во время приготовления пищи молекулы распадаются, температуры при этом гораздо ниже, чем при сжигании древесины или бензина. Действительно, если положить продукт прямо в огонь, это поддержит пламя, но не даст ничего съедобного. Термическая обработка основана на том, что более низкие температуры, используемые управляемым способом, могут превратить пищу в те съедобные радости, которые мы знаем и любим. Это происходит потому, что ингредиенты пищи распадаются поэтапно, а потом заново объединяются уже по-другому. Каждое добавочное повышение температуры критически важно, так как заставляет молекулярные события преображать продукты в итоговое готовое блюдо. Что именно происходит – и каким образом, – зависит от типа молекул и того, как применяется нагрев. Варианты почти бесконечны – и именно поэтому кулинария настолько многогранна и интересна.

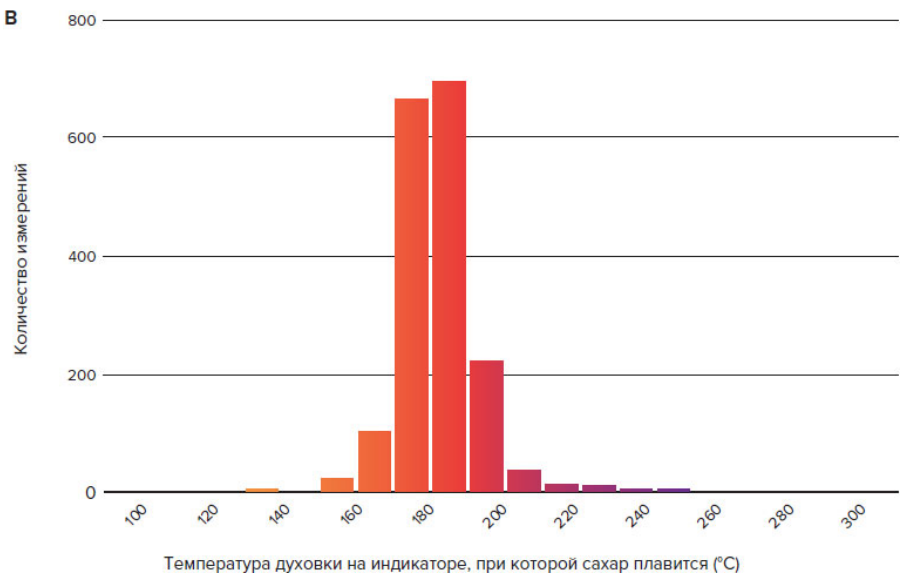
ОТКАЛИБРУЙТЕ СВОЮ ДУХОВКУ

Пекари обычно очень требовательны к духовкам и часто говорят, что «привыкли к своей». Дело в том, что духовка не обязательно печет точно с той температурой, которая задана: на самом деле большинство духовок довольно сильно отклоняются от настроек. Вот почему у вас дома у пирога может получаться безупречная румяная корочка, а дома у бабушки он подгорает.

Для калибровки духовки можно, конечно, просто воспользоваться специальным термометром – но как знать, точен ли он? Другой способ – найти материал, который изменяется при некой температуре, а потом настроить духовку на область этой трансформации и проверить, действительно ли она происходит при ожидаемых настройках. Например, в книге «Кулинария для гиков» (Cooking for Geeks) Джефф Поттер описывает способ калибровки духовки с помощью сахара.

Калибровка по сахару основана на том факте, что температура плавления сахарного песка (сахарозы) равна 186 ˚C. Если вы выставите температуру чуть ниже 186 ˚C, сахар плавиться не должен. Если же нагреете духовку чуть выше 186 ˚C, он

расплавится. Попробуйте откалибровать свою духовку по приведенным ниже инструкциям.



Инструкции

1. Разогрейте духовку до 175 ˚C.
2. Положите пару чайных ложек сахарного песка в жаропрочную посуду или на кусок фольги.
3. Поместите посуду в духовку на 15 минут.
4. Если сахар не расплавился, увеличьте нагрев на 5 ˚C и повторите эксперимент. Если сахар расплавился, достаньте его, убавьте нагрев духовки на 5 ˚C и повторите эксперимент с новым образцом.
5. Продолжайте увеличивать (или уменьшать) нагрев, пока не определите самую низкую температуру, при которой сахар

плавится. Назовем ее $T_{пл}$. Если вам приходилось повышать нагрев, это будет последняя проверенная вами температура (первая, при которой сахар расплавился). Если нагрев приходилось уменьшать, это – предпоследняя проверенная вами температура (и последняя, при которой сахар расплавился).

6. Таким образом вы обнаружили, что сахар плавился где-то в районе между $T_{пл}$ –10 и $T_{пл}$. Так что если в вашей духовке сахар расплавился при 205 ˚C, а не при 200 ˚C, то температура плавления между 200 ˚C и 205 ˚C.

Теперь, зная показания индикатора, которые в вашей духовке соответствуют температуре плавления сахара (186 ˚C), вы сможете вычислить «реальную» температуру духовки для того или иного нагрева, просто прибавив разницу между измеренной вами температурой плавления сахара и реальной точкой плавления. Например, если сахар у вас в духовке расплавился при нагреве 180 ˚C, то температура в ней выше указанной на 186 ˚C – 180 ˚C = 6 ˚C, и вам всегда надо задавать температуру на 6 ˚C ниже той, что требуется в рецепте[2]. Если по индикатору сахар у вас в духовке расплавился при температуре 195 ˚C, тогда температура ниже показываемой индикатором на 195 ˚C – 186 ˚C = 9 ˚C, и вам всегда следует задавать температуру на 9 ˚C выше, чем указано в рецепте.

С помощью этого метода слушатели онлайн-курса «Наука и кулинария» определили температуру в своих духовках и сообщили ее нам. Как видно по рисунку, большая часть попала в диапазон 10 ˚C, однако немалая часть оказалась гораздо жарче или холоднее.

ТЕМПЕРАТУРА, ТЕПЛОТА И КАЛОРИИ

Мы часто считаем теплоту и температуру одним и тем же – или, по крайней мере, чем-то очень близким. Если на улице +35 ˚C, мы скажем, что день жаркий, при 0 ˚C – что холодный или не теплый. Температура используется для того, чтобы определить, насколько что-то горячее или холодное. Но что на самом деле имеется в виду, когда вещество горячее или холодное? Мы знаем, что температура измеряет энергию движения молекул материала. Когда молекулы двигаются больше, температура выше. Когда меньше – температура ниже. А вот теплотой называют количество энергии, которую добавляют в систему или удаляют из нее. Таким образом, нагрев заставляет молекулы двигаться больше, а это значит, что измеряемая температура поднимается.

Охлаждение чего-то, или удаление теплоты, уменьшает движение молекул и, таким образом, понижает температуру.

Как это ни странно, эти понятия (движение молекул, температура и теплота) тесно связаны с калориями. Ну, вы знаете, с этими штуками, из-за которых вы прибавляете в весе, если съедаете их слишком много. Откуда связь? Калории измеряют энергосодержание пищи. Номинально мы используем эту энергию, чтобы жить и заниматься повседневными делами. Если мы съедаем пищу, в которой энергии больше, чем нам необходимо, ее часть превращается в лишний вес.

Так как же калории связаны с энергией или температурой? Калории – это единицы энергии. По определению калория – мера того, сколько энергии нужно, чтобы подогреть 1 грамм воды на 1 ˚C. Цифры на продуктовых этикетках – это килокалории (ккал). Это энергия, необходимая для нагрева 1 килограмма воды на 1 ˚C. На самом деле самый точный способ определить калорийность еды – просто сжечь ее, использовав полученную энергию на подогрев воды! Устройство под названием «калориметрическая бомба» представляет собой две соединенные камеры: одна – с горящим объектом, а вторая – с нагреваемой водой. Измеряя изменение температуры воды, мы можем определить, сколько энергии выделила сгоревшая еда.

Давайте копнем поглубже. Откуда берется энергия килокалории? Вы угадали: из молекул еды. Когда мы сжигаем некий продукт, мы разрушаем связи молекул на составляющие их атомы. Эти атомы затем заново образуют очень стабильные вещества: обычно воду и углекислый газ (двуокись углерода). После этого процесса остается лишняя энергия, и именно эта энергия идет на то, чтобы заставить молекулы двигаться больше, – то есть она высвобождается в виде теплоты. Расщепляя пищу, наш организм делает нечто очень похожее, хотя, конечно, в желудке мы не доводим ее до кипения. Это происходит благодаря работе молекул, называемых ферментами, о которых мы еще будем говорить.

Фазовые превращения

Фазовые превращения постоянно происходят вокруг нас: вода кипит при 100 ˚C, превращаясь из жидкости в газ. Когда температура опускается ниже 0 ˚C, вода замерзает, превращаясь из жидкости в твердое вещество. Эти превращения – основа кулинарии, поскольку самый распространенный компонент продуктов – вода. Говоря более общо, температура, при которой происходит фазовое превращение, зависит от материала. Другие жидкости, с виду похожие на воду, ведут себя иначе. Этанол – активное вещество алкогольных напитков – превращается из жидкости в газ при гораздо более низкой температуре, около 78 ˚C. Так что, если вы нагреваете вино на плите, этанол выкипает первым, уменьшая содержание спирта, а сохраняется только букет. (Вот почему вы не пьянеете от вина, которое добавляете в кипящий соус.) Однако фазовые превращения в кулинарии гораздо богаче и разнообразнее, чем превращения простых ингредиентов. Рассмотрим, например, что происходит с яйцом.

Сначала, внутри только что снесенного курицей яйца, жидкость окружена твердой скорлупой. Когда вы кладете яйцо в морозильник, жидкость превращается в твердое вещество, как это происходит и с водой. Когда воду нагревают, она превращается в газ. А вот когда мы нагреваем яйцо, происходит нечто совсем другое: оно превращается в твердое вещество. Более того, после того как яйцо нагрели и, следовательно, «приготовили», обратный процесс невозможен. Возьмите сваренное вкрутую яйцо и оставьте на столе при той же температуре, с которой начали, – и оно останется твердым навсегда. А вот замороженное яйцо, как и лед, наоборот, легко превращается обратно в жидкое, как только температура поднимется. Как такое возможно? Почему фазовое превращение яйца, которое в основном состоит из воды, может так сильно отличаться от фазового превращения самой воды? Как мы увидим, причина в особых молекулах у него внутри.

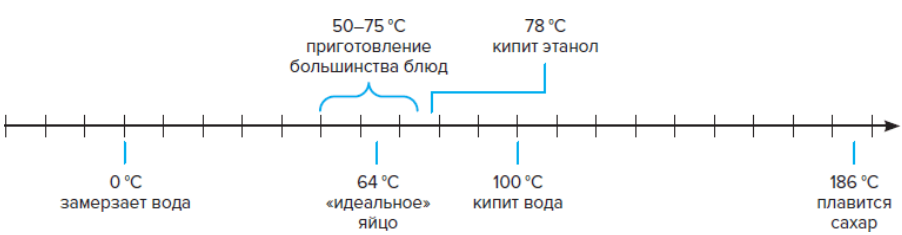


РИСУНОК 1

Если мы задумаемся о разнообразных превращениях, с которыми сталкиваемся при готовке, то убедимся, что все они

происходит в относительно небольшом диапазоне температур – между –20 ˚C и примерно 190 ˚C. Мы храним ингредиенты и остатки еды в холодильнике или морозильнике, потому что при температуре ниже 4 ˚C микробы размножаются гораздо медленнее или не размножаются вообще. Мы подвергаем пищу тепловой обработке и для того, чтобы убить вредные микробы и чтобы денатурировать или расщепить белки, в результате чего ингредиенты приобретают новую текстуру, обычно становясь тверже: все это происходит в диапазоне между 50 ˚C и 75 ˚C.

Когда мы готовим блюда из смесей ингредиентов, температура превращений обычно изменяется, хотя все равно остается в том же узком диапазоне. Вся система может иметь температуру перехода, отличную от температур перехода ее компонентов. Это связано с тем, что фазовые переходы часто зависят от сложных взаимодействий атомов и молекул. Посмотрите на температуры, указанные для воды и яйца. Яйцо в основном состоит из воды, однако критическое превращение от жидкого желтка к твердому происходит примерно при 64 ˚C. Это связано с коагуляцией белка, который начинает разворачиваться при этой температуре.

В качестве еще одного примера вспомним рецепт печенья из главы 1. Вы получили тесто: вкусную мягкую массу, очень далекую от готового печенья. Удивительное дело: когда тесто нагревается, сырые ингредиенты меняются до неузнаваемости. Как бы вам ни нравилось сырое тесто, вы должны признать, что испеченное печенье – совершенно другая субстанция. Печенье не течет, как жидкость, и цвет у него иной. Текстура изменилась, и теперь в нем масса пузырьков воздуха. Как это произошло? Такие разительные изменения можно наблюдать повсеместно при готовке.

Чтобы разобраться в том, как именно нагрев изменяет еду, давайте рассмотрим основные пищевые компоненты и их реакцию на нагрев. Их поведение и определяет то, что происходит с едой в целом.

Вода

Очень соблазнительно считать воду просто наполнителем для всех остальных питательных и аппетитных компонентов пищи: белков, жиров, витаминов и вкусоароматических молекул. Однако это отнюдь не так. Наоборот, вода служит ключевым детерминантом того, что происходит с пищей при нагреве. Причина, конечно, в том, что многие продукты – это в основном вода: вспомните фрукты и овощи, которые часто содержат 85 или больше процентов воды. Даже в стейке содержание воды составляет до 3/4 от его веса.

При тепловой обработке изобилие воды в продуктах становится особенно значимым. Тому есть две причины: во-первых, когда белки, углеводы и жиры нагреваются, на их реакцию на нагрев сильно влияет то, что они окружены водой. Например, углеводы легко растворяются в воде. Вода гидратирует и изменяет углеводы, однако верным будет и обратное: углеводы изменяют то, как вода себя ведет в присутствии тепла (мы увидим это далее, когда будем обсуждать рецепты миндаля в карамели и мороженого). Белки, как и углеводы, растворяются в воде, но иногда, из-за нагрева и химических реакций, они теряют растворимость и образуют в воде твердые включения. Без этого важного факта не существовало бы сыра, так что нам следует обратить особое внимание на взаимодействие вода – белок. А вот жиры в воде вообще не растворяются и в большинстве продуктов стремятся существовать отдельно от нее. И это важно, потому что вкусоароматические соединения, возникающие при нагреве и не растворимые в воде, растворяются в жире, создавая чудесные блюда.

Второе следствие преобладания воды во многих продуктах заключается в том, что при нагревании продукт ведет себя схоже с нагреваемой водой: он кипит примерно при 100 °C. Так что, если вода каким-то образом не исчезнет, температура еды не может подняться выше точки кипения воды. Вы можете сколько угодно прибавлять нагрев духовки, но содержащаяся в продукте вода будет просто продолжать кипеть, пока не испарится, превратившись в газ. Но, пока она остается в жидком состоянии, температура блюда по-прежнему будет 100 °C. Одно из коварных следствий заключается в том, что, если для вашего продукта требуются такие трансформации, для которых нужна температура выше 100 °C, у вас будут проблемы. Они просто не произойдут. Можете забыть о невероятно вкусных реакциях, для которых нужна температура около 150 °C.

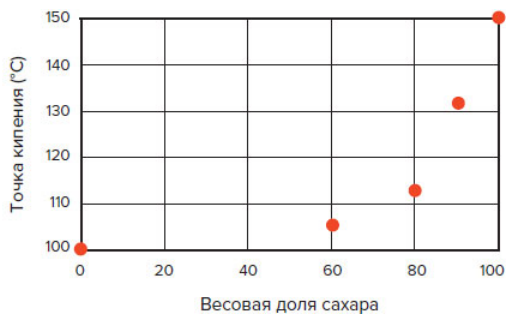
Есть способ это обойти: секрет в том, чтобы испарилось достаточно много воды – и тогда драгоценные трансформации произойдут. В главе 4 мы увидим, насколько этот подход непрост. А на данный момент, надо надеяться, мы убедили вас, что вода играет важную роль при тепловой обработке продуктов. Однако сейчас станет видно, что все еще сложнее.

МИНДАЛЬ В КАРАМЕЛИ ОТ ДЖОАН ЧАНГ

Миндаль в карамели

Ингредиенты

2 стакана сахара
1/3 стакана воды
1 стакан поджаренного целого миндаля



Инструкции

1. Поместите сахар и воду в сотейник среднего размера. Доведите смесь до кипения на сильном огне и оставьте кипеть, не мешая, пока сахар не начнет карамелизоваться (около 5 минут). Когда он начнет окрашиваться, покачайте сотейник, чтобы карамелизация проходила равномерно.

2. Когда сахар станет насыщенно-коричневым, всыпьте сразу весь миндаль. Сильно встряхните сотейник, чтобы покрыть орехи карамелью, и сразу же вылейте на противень.

3. Дайте остыть, наломайте – и наслаждайтесь!

Миндаль в карамели – основа пралине, сладости, названной в честь маршала дю Плесси-Пралена, жившего в начале XVII века. Историю ее появления рассказывают по-разному, но даже если миндаль упал в кастрюльку с карамелью по счастливой случайности, это замечательное изобретение, не только вкусное, но и интересное с научной точки зрения.

Сахар карамелизуется примерно при 170 ˚С. Точка кипения чистой воды – 100 ˚С, но, когда в смесь добавляются молекулы сахара, точка кипения раствора повышается. Из-за атмосферы всё находится под определенным давлением. Чтобы вода закипела, температура ее молекул должна повыситься в достаточной мере, чтобы разорвать связи между отдельными молекулами и преодолеть атмосферное давление. Выше точки кипения молекулы воды переходят в газообразную форму – водяной пар. Однако сахар при такой температуре не будет испаряться. В норме мы считали бы, что вода разбавляет сахар. Здесь все наоборот: неиспаряющиеся молекулы сахара занимают некое пространство и как бы разбавляют молекулы воды. Молекулам воды нужно окружить сахар, чтобы сделать его растворимым в воде, а это затрудняет их испарение, приводя к повышению температуры, необходимой для превращения жидкой воды в водяной пар.

На графике на предыдущей странице видно, что при равном весе сахара и воды точка кипения достигает 150 ˚С. Это означает, что раствор 1:1 при кипении не будет карамелизоваться. Однако в рецепте карамели содержание сахара почти в 5 раз превышает вес воды. Поскольку точка кипения растет быстрее по мере увеличения пропорции сахара, можно предположить, что точка кипения смеси 1:5 будет намного выше необходимых 170 ˚С. Благодаря этому мы очень быстро получаем необходимый золотисто-коричневый цвет – по этой же причине карамель в процессе приготовления может легко пригореть. Если мы начнем с меньшего процентного содержания сахара и запасемся терпением, в конце концов получим необходимые температуру и концентрацию, позволив испариться достаточному количеству воды. Очень удобно, что мы можем провести на этом графике правильную кривую: это означает, что, измеряя температуру кипящего водного раствора сахара, мы можем точно сказать, сколько воды осталось у нас в растворе.

* * *

Хотя мы знаем, что вода в жидком виде не может нагреться выше 100 ˚С, давайте еще раз посмотрим на рецепт Джоан Чанг. Джоан – шеф-кондитер невероятно популярного Flour Bakery + Cafe в Бостоне. Закончив магистратуру в Гарварде по специальности «прикладная математика», она регулярно возвращается в университет, чтобы поговорить с нашими студентами о научном подходе к сахару. На занятиях она много

раз готовила свой карамелизованный миндаль. Этот рецепт – классический подход к карамели – очень прост… по крайней мере на первый взгляд. Сахар растворяется в воде, и раствор нагревается, пока сахар не карамелизуется и не потемнеет. Карамелизация расщепляет сахар, так что он приобретает сложный ореховый вкус и становится коричневым. Это прекрасно сочетается с миндалем, который также приобретает дополнительный вкус и аромат благодаря поджариванию. Результат – чудесная и яркая сладость. Вспомните: единственные ингредиенты – это вода и сахар, которые соединены в сотейнике и нагреты до кипения. Итак, если бы в сотейнике была только вода, она закипела бы при 100 ˚C. Однако с добавлением сахара происходит нечто удивительное. По мере кипения сахарного раствора температура становится все выше и выше. Со временем она может достичь 150 ˚C.

Как такое возможно? Начнем с того, что, как вы заметили, в этом рецепте сахара намного больше, чем воды. Мы начинаем с 2 стаканов сахара (около 400 г) и всего с стакана воды (около 80 г). Другими словами, концентрация сахара в этой смеси составляет 83 %. Поскольку это смесь двух веществ, можно понять, что температура кипения отразит свойства и сахара, и воды, так что это не покажется совершенно возмутительным. Но как насчет повышения температуры по мере того, как раствор кипит? Давайте задумаемся о том, что происходит при кипении. Молекулы воды легкие – примерно в 20 раз легче, чем молекулы сахара, – так что они легко выкипают, тогда как тяжелые молекулы сахара остаются. Когда молекулы воды испаряются и покидают раствор, концентрация сахара увеличивается. При этом раствор еще больше приобретает свойства сахара, и точка кипения немного повышается. Это, в свою очередь, позволяет выкипеть еще большему количеству воды, что опять-таки повышает точку кипения, и так далее. Это та петля обратной связи, которая в итоге дает обжигающие 150 ˚C.

И это невероятно вкусная петля обратной связи, поскольку лежит в основе изготовления карамельных конфет. Тщательно контролируя концентрацию сахара, мы можем изменять точку кипения и создавать совершенно новые материалы. Рецепт Джоан Чанг демонстрирует, как именно это происходит. При конечной температуре карамелизованный сахар течет, словно мед, а при охлаждении застывает в виде твердой, но хрупкой субстанции, напоминающей стекло. Эти изменения текстуры – ключ к рецепту, и в главе 5 мы рассмотрим, как они происходят. Помимо этого, сахарный раствор при высокой температуре также приобретает интенсивный вкус, который совсем не похож на сахар или

леденцы из его кристаллов. Это вкус карамели. Температура становится достаточно высокой, чтобы молекулы сахара расщеплялись и давали вкусоароматические молекулы, чего мы не смогли бы достичь, если бы температура так и не превысила 100 °C. Вкусоароматические молекулы создаются за счет ряда химических реакций, называемых *карамелизацией*. Ключевая характеристика этих реакций – то, что они происходят только при температуре выше примерно 165 °C, как показано во врезке. Рецепт миндаля в карамели просто удивителен, если учесть многочисленные превращения при использовании всего трех ингредиентов! Однако помните: к моменту окончания приготовления компонентов становится намного больше, чем просто сахар, вода и миндаль. Добавляются мириады вкусоароматических молекул, созданных нагревом.

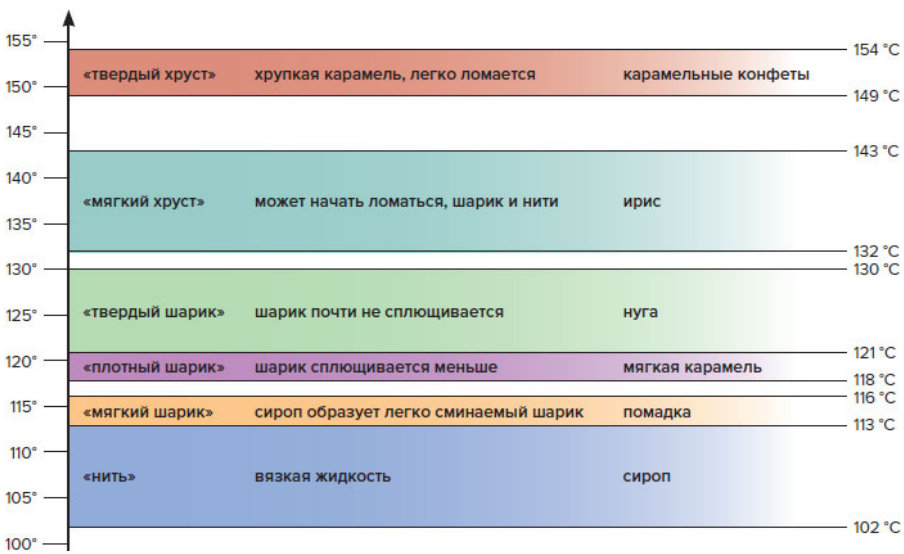
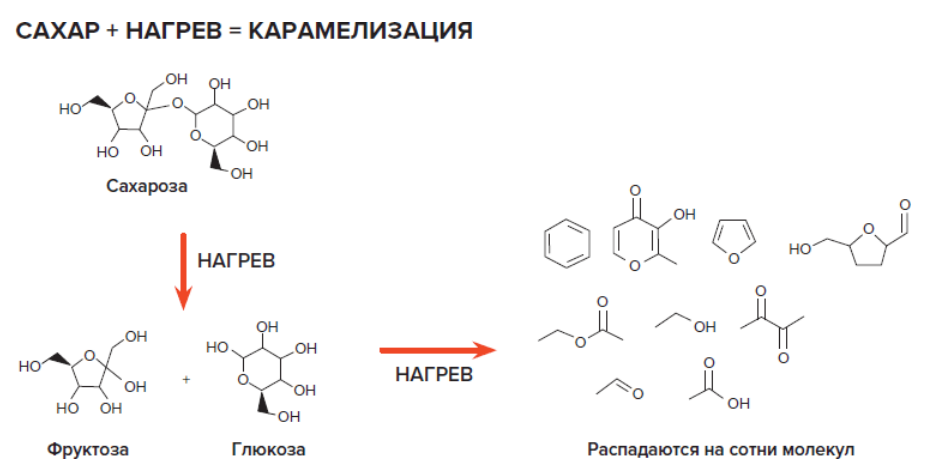


РИСУНОК 2

Водно-сахарный раствор – основа многих сладостей. В прошлом конфеты изготавливались вручную дома или в маленьких лавках. С развитием технологий процесс стал более выверенным, были открыты новые методы и изобретены новые лакомства. Сейчас нам точно известны температуры, необходимые для изготовления любого вида сладостей, и у нас есть способы точно контролировать процесс. Поскольку температура кипящего водно-сахарного раствора напрямую зависит от его концентрации, на нее ориентируются как в промышленности, так и на домашней кухне. В целом более высокие концентрации используются для изготовления твердых конфет, например леденцов, более низкие – для сладостей помягче, вроде помадки и мягкой карамели.

Стадии сахарного раствора и соответствующие температуры показаны на рисунке. Название у каждой довольно милое: «нить», «мягкий шарик», «плотный шарик», «твердый шарик», «мягкий хруст» и «твердый хруст». Откуда они взялись? Хотите верьте, хотите нет, но эти названия возникли из-за того, что происходит, когда вы опускаете небольшое количество раствора в холодную воду: «мягкий шарик» ощущается мягким, «твердый хруст» действительно хрустит. В давней истории изготовления конфет точных термометров не существовало, и именно таким образом проверяли водно-сахарные растворы. С этим хорошо поэкспериментировать дома, но будьте очень осторожны: такие растворы очень горячие! На стадии «нить» действительно образуется нить, как если мед наливать в чашку с водой; на этом этапе сироп еще содержит так много воды, что остается вязкой жидкостью. На стадии шариков образуются комочки, а слова «мягкий», «плотный» и «твердый» характеризуют жесткость этих комочков. На стадиях хруста сахар снова образует нити, но они жесткие, и при ломании слышен треск. Стадия «твердый хруст» – самая хрупкая. Вскоре после этого вся вода испаряется, и сахар начинает карамелизоваться. Различие между этими стадиями в количестве воды в сахарном растворе. По мере повышения температуры содержание воды резко уменьшается. Процесс приготовления сладостей на основе сахара *очень чувствителен* к изменениям температуры. Если вы остановитесь не на той стадии, это сильно скажется на результате. Что неудивительно, если учесть, что «твердый шарик» от «мягкого шарика» отделяет всего несколько градусов.

РЕАКЦИЯ КАРАМЕЛИЗАЦИИ



Что произошло с молекулами в рецепте Джоан Чанг? На рисунке показаны молекулярные подробности: реакция карамелизации дает множество вкусоароматических молекул за счет использования энергии нагрева. На первом этапе сахароза распадается на два компонента: фруктозу и глюкозу. После этого молекулы распадаются дальше на сотни молекул. Часть этих молекул коричневые и изменяют цвет раствора, а часть имеют чудесные ореховые, поджаристые, карамельные нотки.

* * *

Нагрев используется для создания текстуры, вкуса и аромата не только при изготовлении конфет. В главе 5 мы продемонстрируем рецепт каталонского крема от Кармe Рускайеды, шеф-повара знаменитого ресторана Sant Pau неподалеку от Барселоны. В последнем шаге рецепта на креме создается толстая корка карамелизованного сахара. Хрустящий слой дает утюжок, которым прижигают сахар. Как и в случае с миндалем в карамели, в этом рецепте нагрев разительно меняет и текстуру, и вкус с ароматом.

Давление

Рецепт миндаля в карамели стал для нас важным уроком: нагрев воды с сахаром повысил точку кипения воды. В результате в воде растворилось больше сахара, что полностью изменило текстуру и вкус исходных ингредиентов. Нагрев в кулинарии нужен, чтобы менять текстуру, вкус и аромат.

Обычно этого удается добиться в случае, когда мы делаем температуру блюда намного выше точки кипения воды. Однако тут возникает реальная и фундаментальная проблема: точка кипения воды – всего 100 °C. Когда мы в воду что-то добавляем, температура кипения немного повышается, но не слишком. В рецепте карамели с миндалем мы смогли сильно повысить температуру, но это произошло только тогда, когда почти вся вода испарилась. Для большинства блюд это не подходит: стейк без воды пересушен и совершенно не похож на вкуснейшее сочное мясо, к которому вы привыкли. К счастью, наука дает нам еще один удобный способ изменить точку кипения воды, который действует даже тогда, когда ее много: речь об изменении давления.

На рисунке 2 приведена фазовая диаграмма воды, но на сей раз как функция температуры и давления. Вы видите, что при давлении в 1 атмосферу – как в Кембридже, штат Массачусетс, где мы пишем эту книгу, – точка кипения воды составляет обещанные 100 °C. Когда давление повышается, повышается и точка кипения. Это происходит потому, что увеличивающееся давление теснее сжимает молекулы воды, так что для того, чтобы они разлетелись в виде газа, требуется больше тепла. Обратите внимание: на диаграмме видно, что точка замерзания воды при изменении давления почти не меняется. Это объясняется тем, что в твердом льду все молекулы лежат настолько плотно, что небольшое увеличение давления не оказывает заметного воздействия.

Повара используют изменение давления: существуют приспособления как для увеличения давления, так и для его понижения, и у каждого есть свое применение.

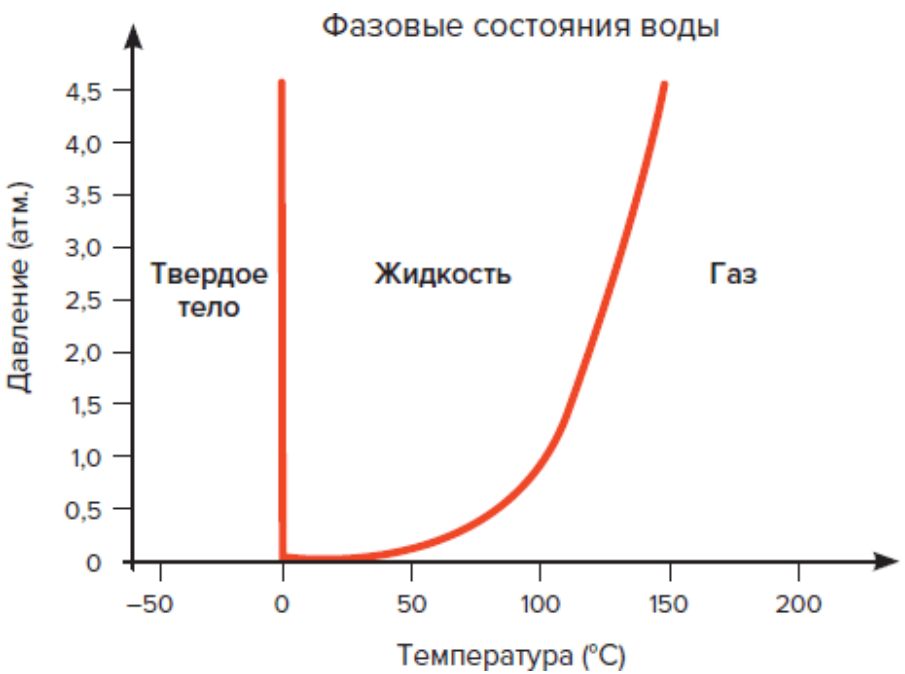


РИСУНОК 3

Эта фазовая диаграмма для воды показывает связь температуры, давления и фаз (твердое тело, жидкость, газ). Для каждого сочетания температуры и давления можно определить, в какой фазе должна оказаться вода. Например, давление на уровне моря равно 1 атм. При этом давлении переход от жидкого к твердому состоянию происходит при 0 ˚С, а от жидкости к газу – при 100 ˚С. Однако на высоте 1500 м (примерно таково расположение Денвера, штат Колорадо) давление равно всего 0,83 атм. Это значит, что, хотя вода по-прежнему будет замерзать при 0 ˚С, точка кипения упадет примерно до 94,5 ˚С. При такой низкой температуре время приготовления придется увеличить на 50 %. Но подождите! Две оси на графике – это температура и давление. Увеличивая давление в посуде для готовки, мы можем компенсировать понижение точки кипения, вызванное высотой. Именно поэтому у тех, кто живет на большой высоте над уровнем моря, так популярны скороварки.

Повышение давления

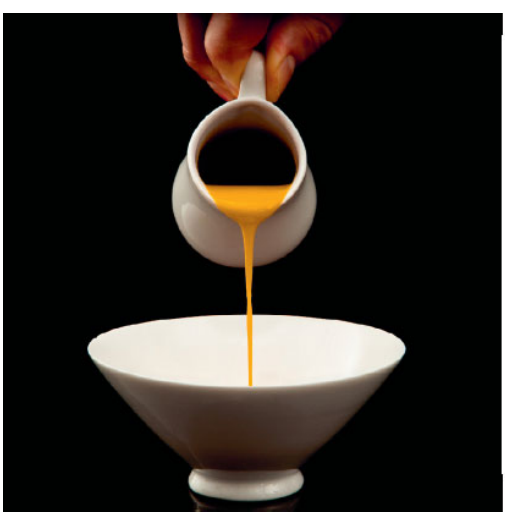
Давление можно повысить двумя способами: нырнуть на дно океана и разжечь костер там… или воспользоваться скороваркой. Большинство предпочитают второй. Скороварку в 70-х годах XVII века изобрел французский математик Дени Папен. В наше

время большинство людей пользуются ими, чтобы ускорить приготовление пищи. Скороварка уменьшает время приготовления за счет точки кипения воды: если вы используете скороварку при обычном давлении 1,02 атм., то общее давление на продукты внутри ее составит 2 атм.: 1 атм. за счет атмосферы и 1 атм. за счет скороварки. Как видно по фазовой диаграмме, приведенной выше, при таком давлении точка кипения воды повышается до 120 °C.

Однако имеется и еще один интересный фактор: скороварки также можно использовать, чтобы создавать вкус и аромат. Вспомните, что мы узнали благодаря рецепту Джоан Чанг. Повышение точки кипения за счет нагревания воды сахарного раствора повысило температуру настолько, что прошла карамелизация. Однако, как мы уже сказали, это случилось из-за удаления почти всей воды. А что, если мы хотим сварить овощной суп со вкусом подрумяненных овощей? У обычной кипящей воды температура слишком низкая для подрумянивания, а если мы подрумяним овощи перед тем, как положить их в суп, то вкус и аромат будут сильно разведены.

СУП С КАРАМЕЛИЗОВАННОЙ МОРКОВЬЮ ОТ НАТАНА МИРВОЛДА

Натан Мирволд обнаружил, что при готовке моркови в скороварке он может получить достаточно высокую температуру, чтобы морковь карамелизовалась. Результатом становятся чудесные вкус и аромат, которых нельзя получить традиционными методами.



Рецепт и изображение предоставлены рестораном The Cooking Lab, LLC

Качество супа целиком зависит от качества моркови, из которой он готовится, так что постарайтесь найти морковь повкуснее. Серединки, хоть они и богаты кальцием, могут придать нежному супу горечь и неприятную текстуру, так что их следует удалить. Однако этот шаг не обязателен: можете попробовать приготовить суп в двух вариантах и сравнить их.

Суп с карамелизованной морковью

Ингредиенты

500 г очищенной моркови
113 г сливочного масла
30 г воды
5 г соли (плюс больше, по вкусу)
2,5 г пищевой соды
635 г свежевыжатого морковного сока
40 г каротинового масла (рецепт см. далее)

Инструкции

1. Удалите из моркови сердцевины, разрезав вдоль на четыре части и вырезав жесткую волокнистую центральную часть. Нарежьте морковь кусочками длиной 5 см.
2. Растопите масло на дне скороварки при среднем нагреве.
3. В миске смешайте воду, соль и соду и добавьте смесь в скороварку вместе с морковью.
4. Готовьте 20 минут, установив режим 1 бар (отсчет времени начинайте с момента достижения нужного давления).
5. Быстро разгерметизируйте скороварку, пролив по краю чуть теплой водой.
6. Пюрируйте смесь в стационарном блендере, а потом пропустите сквозь мелкое сито обратно в скороварку.
7. Доведите морковный сок до кипения в отдельной кастрюле, а затем процедите через мелкое сито. Вмешайте сок в пюре. При необходимости добавьте немного воды, чтобы разбавить суп до желаемой консистенции.
8. Погружным блендером вмешивайте каротиновое масло в суп, пока оно не растает.
9. Досолите по вкусу и подавайте суп теплым.

Каротиновое сливочное масло

Ингредиенты

700 г свежевыжатого морковного сока

450 г сливочного масла комнатной температуры

Инструкции

1. В небольшом сотейнике доведите 450 г морковного сока до слабого кипения.

2. Погружным блендером вмешайте масло в сок. Оставьте слабо кипеть 1,5 часа.

3. Снимите сотейник с огня и блендером введите оставшиеся 250 г сока. Дайте смеси остыть, а потом накройте крышкой и поставьте в холодильник на ночь.

4. Подогрейте масло на среднем огне, чтобы оно растаяло.

5. Процедите через мелкое сито, выстланное марлей.

6. Перелейте процеженное масло в формы для застывания.

* * *

Шеф Натан Мирволд составил гениальный рецепт морковного супа, в котором эта проблема решена. На первый взгляд рецепт похож на обычный морковный суп, однако вкус получается намного богаче и ярче. Как это происходит? Морковный суп варится в скороварке, которая работает при 1,02 атм. Вместе с атмосферным давлением это заставляет точку кипения воды довольно сильно повышаться: со 100 °С до 121 °С.

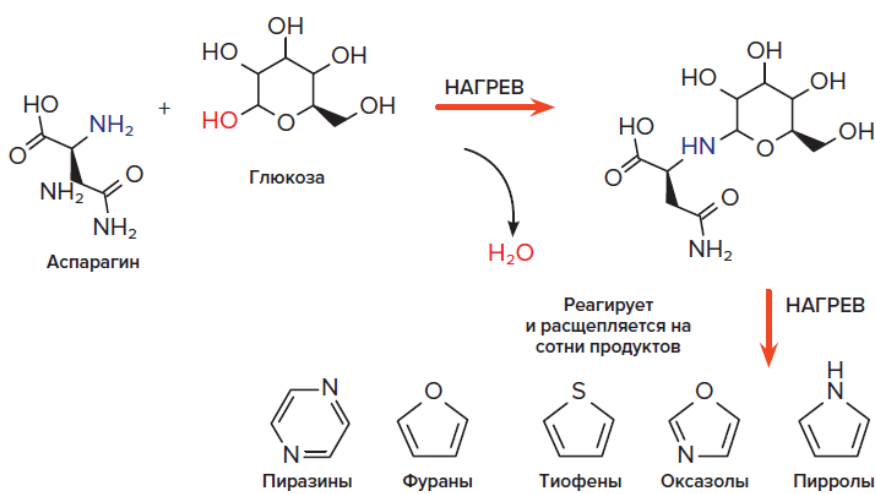
Поскольку морковь состоит в основном из воды, температура моркови также доходит до 120 °С – намного выше нормальной точки кипения воды. Температура оказывается достаточно высока для начала реакции Майяра. В этой реакции участвуют как белки, так и углеводы, которые расщепляются на гораздо более мелкие вкусоароматические молекулы. Часть этих молекул имеет коричневый цвет, а также очень сильный вкус и аромат, благодаря чему суп становится намного насыщеннее. Вторая хитрость, которую использует Мирволд, – это добавление пищевой соды, которая повышает pH супа. Оказывается, что при более высоком pH белки готовы отдать часть положительно заряженных ионов H^+ и взаимодействовать с сахарами, ускоряя тем самым реакции подрумянивания. Благодаря этим методам получается морковный суп, вкуснее которого просто не бывает: морковь буквально карамелизована насквозь! Попробуйте сами. Вы будете поражены, насколько изменится вкус и аромат.

РЕАКЦИЯ МАЙЯРА

Морковный суп Натана Мирволда так вкусен благодаря карамелизованной моркови. Даже если вы не стали его готовить, то наверняка пробовали золотисто-коричневые тосты или идеально поджаренные стейки. Все эти блюда – результат реакции Майяра, которая создает чудесные и сложные сочетания вкуса и аромата, ассоциирующиеся у нас с поджаристыми корочками. Реакцию Майяра в 1912 году открыл Луи-Камиль Майяр. Он пытался понять, как природа создает белки, а вместо этого наткнулся на одну из самых важных реакций в кулинарии.

Для реакции Майяра нужны три составляющие: белки, сахара и нагрев. На первом этапе аминокислота белка (на рисунке показана аминокислота аспарагин) связывается с глюкозой углевода. Получившаяся молекула продолжает расщепляться, связываться с новыми молекулами и снова расщепляться, порождая при этом сотни новых вкусоароматических молекул. Итоговый набор может быть различным: он зависит от количества и типов белков и сахаров в блюде. Эта реакция требует массу энергии. Энергию дает нагрев, и для быстрых результатов он должен быть сильным. Температура кипения воды (100 ˚C) недостаточно высока для такой реакции: в идеале нам надо, чтобы она составляла не меньше 120 ˚C.

УГЛЕВОД + БЕЛОК + НАГРЕВ = РЕАКЦИЯ МАЙЯРА



Есть целый ряд способов увеличить подрумянивание блюда. Один из них – повысить pH, добавляя основание: он работает потому, что щелочной раствор ускоряет первый этап реакции, на котором соединяются аминокислота и сахар. Яркий пример – изготовление бретцелей: тесто смазывают довольно крепким раствором гидроксида натрия, чтобы получить характерный

темно-коричневый цвет при выпекании. Еще один способ – смазать выпечку или хлеб яйцом или молоком, тем самым увеличив количество белка (а в случае молока – и сахара) для реакции Майяра.

Понижение давления

Мы увидели, что происходит, если повысить давление, но при его понижении становятся возможными другие волшебные превращения. Самый простой способ понизить давление – подняться на гору и разжечь на вершине огонь, так как атмосферное давление с высотой уменьшается. Давление на вершине Эвереста примерно в три раза ниже, чем в Кембридже, штат Массачусетс. Фазовая диаграмма на рисунке 3 показывает, что при этом точка кипения понижается. Вода на вершине Эвереста кипит примерно при 70 ˚C, так что рецепты, рассчитанные на уровень моря, работают не очень-то хорошо. Можно оставить воду для пасты кипеть очень долго, но на такой высоте единственным результатом будет то, что вся вода в конце концов выкипит, а паста так и не нагреется до достаточно высокой температуры и не сварится так, как вы привыкли на меньших высотах. Это меняет в любых рецептах буквально все, и непросто понять, что с этим делать.

Однако порой поварам хочется понизить температуру кипения. Инновации в создании вкусов и ароматов появились тогда, когда повара начали использовать ротационные испарители, или ротавапы (см. рисунок 4). Эти устройства называют также роторными испарителями, и они уже давно используются в химических лабораториях, позволяя разделять или концентрировать молекулы. В числе первых шефов, начавших применять ротавапы, были испанцы Ферран Адриа из elBulli и Хуан Рока из El Celler de Can Roca, с которыми вы уже знакомы.

РИСУНОК 4

Перед вами фотография ротационного испарителя (ротавапа), позволяющего готовить при низком давлении. Это обычное для химических лабораторий устройство в последние годы появилось и у многих шеф-поваров высокой кухни. Ротавапы работают за счет понижения давления, чтобы растворы могли кипеть и, следовательно, выпариваться при более низких температурах, нежели их обычные точки кипения. Нужный раствор помещают в круглую стеклянную емкость (в левой части снимка). Емкость опускают в водяную баню, которую медленно нагревают. Одновременно с этим давление снижается с помощью вакуумного насоса. Емкость постоянно вращается, чтобы увеличивать площадь поверхности, с которой могут испаряться молекулы. Когда раствор начинает кипеть, самые летучие молекулы превращаются в газ и в итоге попадают на охлаждаемую стеклянную спираль в верхней левой части устройства на снимке. Охлажденная стеклянная спираль заставляет молекулы снова конденсироваться в жидкость и в итоге собраться в большой круглой стеклянной колбе (внизу). Со временем жидкость в исходной емкости становится концентрированной и содержит только определенные нелетучие молекулы, а в приемной колбе оказываются те молекулы, которые испарялись. Таким образом, концентрированная исходная жидкость и сконденсировавшаяся жидкость имеют свои собственные вкусоароматические свойства, а решение, которую из них использовать, зависит от итогового блюда. Главный плюс этого метода в том, что, поскольку понижение давления понижает точку кипения, ротавап позволяет нам выпарить воду или другие компоненты, не кипятя раствор при 100 °C, так что определенные вкусоароматические молекулы, которые разрушились бы при этой температуре, сохраняются. Это также отличный способ извлекать ароматические компоненты: при нагревании эти соединения исчезли бы, а при процессе

неинтенсивного нагревания они остаются в воде.

Повара используют ротавапы, чтобы концентрировать нежные вкусоароматические молекулы, выпаривая воду. Конечно, в кулинарии часто кипятят воду для концентрации вкуса: многие соусы, в том числе и маринару, готовят именно так. В этом хорошо известном примере кипящая вода испаряется без вреда для вкусоароматических характеристик, поскольку используемые в рецепте ингредиенты весьма стойкие. Однако имеется немало тонких моментов, когда классический способ выпаривания не годится: вкус и аромат изменятся при нагревании до 100 ˚С, так как эта температура выше той, при которой приготавливаются многие продукты. Помимо концентрации вкуса, ротавапы используют для получения экстрактов, усиливающих вкус других продуктов.

Пожалуй, величайшим специалистом по созданию необычных вкусов должен считаться Жорди Рока, брат Хуана Рока, чей рецепт «Мадленки Пруста» мы изучили в главе 1. Он славится новаторскими блюдами, которые стимулируют восприятие необычными сочетаниями. Например, в десерте «Дождь в лесу» он экстрагирует ароматы влажной почвы, пробуждая детские воспоминания. Экстрагирование производится в ротавапе: почва остается, выделяя только гораздо более легкие вкусоароматические молекулы.

Ротавап работает за счет уменьшения точки кипения воды, используя тот факт, что точка кипения зависит от атмосферного давления. Почему уменьшение давления понижает точку кипения? Представьте: вас окружает воздух, который нас расплющивает. Эта сила больше, чем вы могли бы подумать: 1 килограмм на квадратный сантиметр, то есть каждый квадратный сантиметр вашего тела испытывает давление в 1 килограмм. А теперь представьте себе, что на каждый квадратный сантиметр вашего тела наваливаются гантели с таким весом, – и поймете, что это отнюдь не незначительная величина. Когда давление снижается, выкипание облегчается. И наоборот, при увеличении давления выкипание затрудняется. Ротавап работает в диапазоне уменьшенного давления, позволяя вкусоароматическим соединениям выкипать, а затем конденсируя пар охлаждением и создавая тем самым жидкость с концентрированным вкусом и ароматом. Поскольку это происходит при низкой температуре, получившийся экстракт не подвергается нагреванию, сохраняя свежий вкус. Также можно собрать те вкусы, которые не выпарились, и использовать их в других блюдах.

«ЛИМОННОЕ ОБЛАКО» ОТ ЖОРДИ РОКА

«Лимонное облако»

Ингредиенты

Бергамотовый гель (рецепт см. далее)
Лимонный крем (рецепт см. далее)
Лимонный бисквит (рецепт см. далее)
Коричневое масло (бёр-нуазет)
Лимонный сорбет (рецепт см. далее)
«Молочное облако» (рецепт см. далее)
Тертая лимонная цедра
Цветки гвоздики

Инструкции

1. На большой тарелке нарисуйте спираль бергамотовым гелем с 1 см зазора между витками. В этом промежутке нарисуйте еще одну спираль лимонным кремом, чтобы чередовать компоненты десерта. Выложите по краю тарелки 3 кубика лимонного бисквита и шарик коричневого масла.

2. Рядом выложите лимонный сорбет, а поверх него – «молочное облако». Натрите сверху немного лимонной цедры и украсьте разноцветными лепестками гвоздики.

Бергамотовый гель

Ингредиенты

500 г воды
100 г сахара
8 г агар-агара
100 г лимонного сока
Экстракт бергамота

Инструкции

1. В небольшой кастрюле доведите до кипения воду с сахаром, а потом охладите в шокере (шоковом морозильнике) или поставьте в обычный морозильник на 30 минут. Добавьте агар-агар, пробейте погружным блендером и снова доведите до кипения.

2. Снимите с огня и добавьте лимонный сок и экстракт бергамота.

3. Гомогенизируйте погружным блендером, переложите в

кондитерский мешок и уберите в холодильник, чтобы получить гель.

Рецепт и изображение предоставлены рестораном El Celler de Can Roca

Лимонный крем

Ингредиенты
500 г лимонных корок в сиропе (рецепт см. далее)
70 г жирных сливок
25 г сливочного масла
100 г лимонного сока

Инструкции

1. Извлеките корки из сиропа и положите в «Термомикс». Добавьте сливки, масло и лимонный сок и перемалывайте 5 минут при 65 °C.

2. При необходимости разбавьте крем сиропом из-под лимонных корок до консистенции сметаны. Переложите в кондитерский мешок и уберите в холодильник.

Лимонные корки в сиропе

Ингредиенты

500 г воды
100 г сахара
500 г лимонных корок
500 г простого сиропа (сахар и вода 1:1 по весу, довести до кипения и охладить)

Инструкции

1. В небольшой кастрюле доведите до кипения воду, сахар и лимонные корки. Снимите с огня и дайте остыть.

2. Повторите четыре раза.

3. Достаньте корки из жидкости, обсушите и добавьте простой сироп. Выдержите 24 часа.

Лимонный бисквит

Ингредиенты

200 г сливочного масла
Тертая цедра 4 лимонов
245 г пшеничной муки
120 г сахарной пудры
10 г разрыхлителя
3 г соли
50 г молока
245 г яиц
130 г инвертного сахара

Инструкции

1. В небольшой кастрюле растопите сливочное масло с цедрой.

2. Переложите в миску, добавьте муку, сахарную пудру,

разрыхлитель и соль. Тщательно перемешайте.

3. Добавьте молоко, яйца и сироп, тщательно перемешайте. Накройте тесто и уберите в холодильник на 24 часа.

4. Разогрейте духовку до 175 °C. Смажьте форму для выпекания сливочным маслом.

5. Выложите тесто в подготовленную форму и выпекайте 15 минут.

6. Остудите бисквит на решетке, а потом нарежьте кубиками 1 см.

7. Храните в герметичном контейнере при комнатной температуре.

Лимонный сорбет

Ингредиенты

100 г лимонного дистиллята (рецепт см. далее)

Жидкий азот

Инструкции

1. Налейте лимонный дистиллят в посуду, подходящую для жидкого азота. (Внимание: это подробно обсуждается в главе 5.)

2. Взбивайте дистиллят, постепенно добавляя жидкий азот, до образования однородного сорбета.

Лимонный дистиллят

Ингредиенты

340 г лимонной цедры

400 г воды

Инструкции

1. Срежьте цедру без белого слоя, чтобы дистиллят не был горьким. Сложите цедру в миску, залейте водой и настаивайте в холодильнике в течение 6 часов.

2. Выдержите настой в ротавапе при 45 °C в течение 1 часа 45 минут. (Внимание: вот здесь и происходит волшебство. Низкое давление вытягивает вкус и аромат.)

3. Сохраните полученный дистиллят.

«Молочное облако»

Ингредиенты

250 г обезжиренного (снятого) молока

Инструкции

1. Погружным блендером тщательно аэрируйте снятое молоко. (Внимание: это превращает его в пену.)
2. Зачерпывая получившуюся пену ложкой, погружайте ее на несколько секунд в емкость с жидким азотом.
3. Быстро отправляйте в морозильник.

Жиры

Молекулы воды крошечные: по объему они раз в десять меньше жиров и белков. Сами по себе фазовые превращения воды относительно предсказуемы, даже если учесть ее интересное поведение при меняющемся давлении с различными растворенными веществами. С увеличением размера и химической сложности более крупных компонентов пищи возникают более сложные цепочки фазового поведения. Жиры находятся где-то посередке: они просты, однако в некоторой степени им присуща сложность еще более крупных молекул. Жиры в кулинарии невероятно важны. Нередко они являются частью самого продукта, как, например, жир в мраморной говядине или жиры в сыре. В других случаях мы добавляем их в процессе приготовления в качестве ингредиента рецепта. Мы кладем сливочное масло в тесто для печенья (как делали это в начале книги), а можем – на сковороду, чтобы поджарить стейк.

Если вы задумаетесь о роли жиров в кулинарии, то вспомните, что во время приготовления они часто подвергаются некоему фазовому переходу. В основном они или плавятся, или становятся твердыми. На самом деле именно фазовый переход часто является ключом к вкусному результату. Например, вам нужно, чтобы сливочное масло в рецепте печенья растопилось – сначала слегка, чтобы оно размягчилось и могло смешаться с другими ингредиентами, а затем полностью уже в духовке, чтобы текстура печенья получилась правильной. Без этих переходов печенье будет совсем не то. Точно так же нужно, чтобы сливочное масло на сковороде растопилось, чтобы стейк к ней не прилип. И чтобы жир в мраморной говядине расплавился (вытопился, как чаще говорится в рецептах), сделав мясо нежным и сочным. Очень удачно, что фазовые превращения жиров часто происходят в диапазоне температур, при которых мы готовим.

Главная характеристика фазового поведения жиров – то, что у разных жиров разные температуры плавления. Кокосовое масло переходит из твердого состояния в жидкое при 24 ˚С. Это примерно комнатная температура, и часто оказывается, что кокосовое масло у вас в шкафчике твердое в холодную погоду и жидкое – в жаркую. И наоборот, оливковое масло при комнатной температуре всегда жидкое, но, имея температуру плавления –6 ˚С, оно начинает затвердевать, когда вы положите его в холодильник. Всего два примера, но практически любой жир, будь то шортенинг (кулинарный жир), какао-масло или рапсовое масло, имеет свою собственную температуру плавления. И, как

обычно бывает в кулинарии, то, что мы наблюдаем невооруженным глазом, можно объяснить на молекулярном уровне. К плавлению жиров это относится в полной мере.

Молекулы жиров намного крупнее молекул воды, и большинство их атомов закреплены на трех углеродных цепочках, соединенных с одного конца. В основном эти углеродные цепочки выглядят одинаково: в них есть только ионы углерода и водорода. Однако различные жиры состоят из различных масляных кислот, и небольшие различия в структуре определяют разницу в их фазовых переходах.

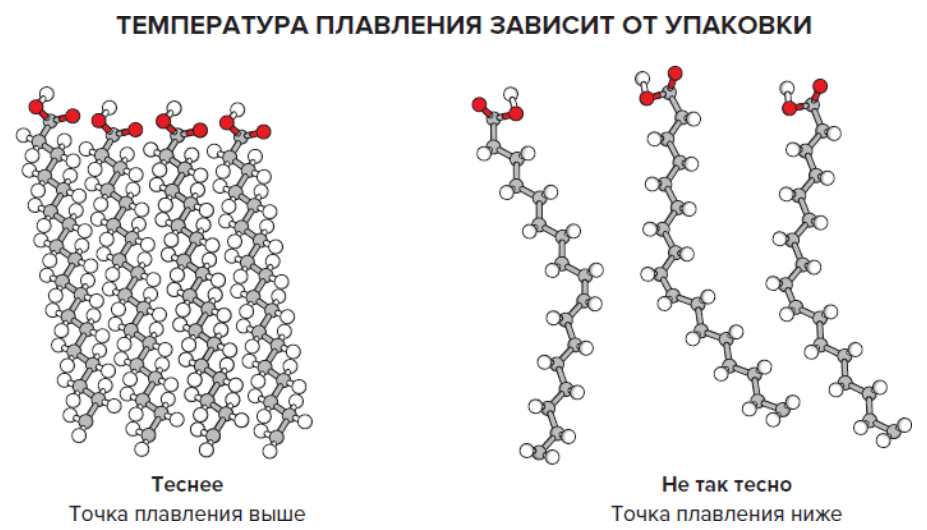
Углеродные цепочки могут быть насыщенными (прямыми) или ненасыщенными (изогнутыми). На рисунке во врезке это хорошо видно. Именно этими геометрическими различиями и объясняются фазовые характеристики. Представьте себе, что вы взяли две цепочки насыщенных масляных кислот и попытались тесно прижать их друг к другу. Поскольку они обе прямые, вы сможете выстроить их так, чтобы они соприкасались друг с другом практически по всей длине углеродных цепочек. А теперь представьте себе, что проводите те же действия с двумя цепочками ненасыщенных масляных кислот. Поскольку они изогнуты, вам не удастся сдвинуть их так же тесно, и связывающее взаимодействие между ними не будет столь же активным. Эти молекулы разорвать будет проще, чем плотно сдвинутые, поскольку связей, которые их удерживали, будет меньше.

СТРУКТУРА ЖИРОВ (НАСЫЩЕННЫХ И НЕНАСЫЩЕННЫХ)

Насыщенные жиры называются так потому, что каждый атом углерода насыщен атомами водорода. Вообще, углерод предпочитает всегда связываться с еще четырьмя атомами. В насыщенном жире каждый атом углерода связан с двумя атомами водорода и двумя – углерода, присоединяя один атом углерода к следующему. Эти одновалентные связи углерода являются прямыми углеродными цепочками, и в результате в насыщенных жирах цепочки масляных кислот прямые. И наоборот, в ненасыщенных жирах атомы углерода не насыщены атомами водорода, это значит, что углерод больше не связан с еще четырьмя атомами. Ионы углерода с количеством связей менее четырех нестабильны, и, вместо того чтобы соединяться с водородом, некоторые атомы образуют двойные связи друг с другом. В зависимости от того, как именно образуются эти двойные связи, они называются либо цис-, либо транс-связями и

по-разному сказываются на геометрическом строении жирной кислоты. В частности, цис-связи известны тем, что делают структуру масляных кислот изогнутой и неровной.

Вы еще следите за ходом рассуждения? Если да, вот вопрос: какие жиры – насыщенные или ненасыщенные – будут плавиться при более низкой температуре? Ответ: ненасыщенные. Они разъединяются при очень небольшом нагреве, потому что изогнуты и не расположены так тесно. И наоборот, насыщенным жирам нужно гораздо больше тепла, чтобы разъединиться, а это значит, что их точка плавления будет выше. Следующий вопрос: где, по-вашему, больше насыщенных жиров – в оливковом масле или в кокосовом? Вспомним, что их температура плавления –6 ˚С и 24 ˚С соответственно. Значит, ответ – кокосовое масло. Оно содержит 61 % насыщенных жиров по сравнению с жалкими 14 % в оливковом масле.



Однако точка плавления жиров зависит не только от того, насыщенные ли они. Их углеродные цепочки имеют разную длину. Две очень длинные углеродные цепочки свяжутся друг с другом прочнее, чем короткие, поскольку будут взаимодействовать с бóльшим количеством атомов, каждый из которых способен образовывать связи с атомами соседних углеродных цепочек. Таким образом, длинной цепочке потребуется больше тепла, чтобы расплавиться и порвать все связи. Теперь вы видите, что дело осложняется. Жиры с очень длинными насыщенными углеродными цепочками будут иметь самые высокие точки плавления, а жиры с короткими ненасыщенными углеродными цепочками будут плавиться при самых низких температурах. А как насчет комбинаций? Будет ли

очень длинный, но ненасыщенный жир иметь бóльшую энергию взаимодействия, чем короткая насыщенная цепочка? Трудно сказать. Все зависит от того, какое свойство победит. К счастью, для каждого жира вы всегда можете провести эксперимент на кухне и выяснить это.

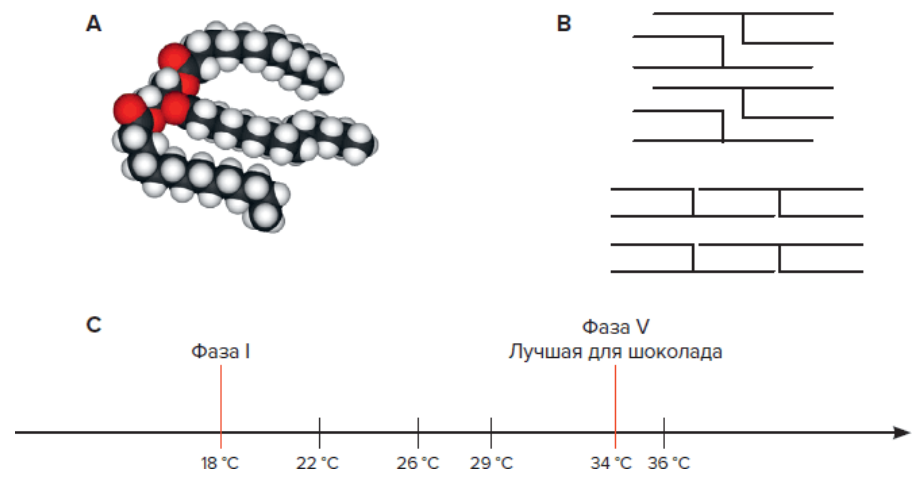
Мы уже немало узнали о фазовых превращениях жиров. Это важный вопрос, потому что жиры во многих отношениях являются чем-то средним между простыми веществами – как вода – и другими сложными продуктами, например яйцами, которые содержат много различных видов молекул. Теоретически они работают точно так же, как вода. Однако в случае более сложных жиров, таких как масло какао, которое плавится медленно, мы начинаем наблюдать, что происходит с материалами, содержащими много различных типов молекул. Это, конечно, ближе к тому, как в целом работают фазовые превращения в пище. Масло какао – удивительное вещество, которое может использоваться в различных блюдах, придавая им поразительные свойства. Во врезке объясняется, как это связано со строением и фазовыми свойствами молекул жиров.

ШОКОЛАД

A: Как и все жиры, масло какао состоит из молекул триглицеридов. Частица «три» говорит о трех цепочках жирных кислот, а «глицерид» – молекула, которая их скрепляет. В масле какао много различных типов цепочек жирных кислот, причем у каждой своя точка плавления. Цепочки жирных кислот могут располагаться по-разному. Существует шесть различных конформаций, которые мы называем фазами.

B: Фазы шоколада определяются различной кристаллической структурой, соответствующей различным расположениям молекул жирных кислот. Форма веток молекул позволяет триглицеридам располагаться по крайней мере двумя различными способами.

C: Как показано на этой диаграмме фаз шоколада, у него шесть кристаллических форм, которые наблюдаются в диапазоне между 18 ˚C и 36 ˚C. Пятая фаза – та, на которой получается лучший шоколад.



Шоколад, который мы знаем сегодня, появился только в самом начале XIX века, однако какао-бобы употреблялись в пищу много тысяч лет. Шоколад изготавливают из какао-бобов, которые содержат твердое вещество какао и масло какао. Чтобы получить плитку шоколада, твердое вещество и масло в различных пропорциях смешивают с молоком и сахаром в зависимости от желаемой сладости и содержания молока. Затем смесь подвергается процессу, называемому темперированием, и только потом формуется.

Когда масло какао находится в твердом состоянии, жиры образуют кристаллы, однако располагаться жиры могут несколькими различными способами. Цель темперирования состоит в том, чтобы контролировать кристаллизацию, позволяя образоваться только желаемым кристаллам.

Для получения хорошего шоколада идеально подходит фаза кристаллизации V. Он не только красиво выглядит (блестит), но и имеет температуру плавления чуть ниже температуры тела. Это значит, что он останется твердым при большинстве условий хранения, но мы ощутим, как он тает во рту. Темперирование заключается в нагревании шоколада до такой температуры, при которой все кристаллы расплавятся (около 49 °C), а потом в охлаждении примерно до 27 °C. Забавно: температура плавления также является и температурой замерзания или превращения в твердое вещество. Итак, на этапе охлаждения начинают образовываться мелкие кристаллы типов IV и V. Затем смесь чуть подогревают, чтобы расплавить кристаллы типа IV, оставив только небольшое количество кристаллов типа V – для «посева». На этом этапе, когда шоколаду дадут окончательно остыть, он

последует за «посевом», образуя исключительно кристаллы типа V.

Вы можете спросить, почему нельзя просто оставить смесь при 34 ˚C, а не охлаждать, а потом снова нагревать. Теоретически так можно было бы сделать, но минус в том, что тогда для кристаллизации потребуется очень-очень много времени. Поскольку температура – это способ описания энергии и движения молекул, кристаллы не образуются сразу же после достижения температуры плавления/отвердевания. Представьте себе температуру как точку, на которой жидкая и твердая формы равновероятны. Чем дальше температура окажется от точки превращения, тем больше молекул предпочтут одно состояние другому и тем быстрее пройдет превращение.

При плохом темперировании или неправильном хранении шоколад может отдать часть масла какао или сахара. Если вам попадался залежавшийся кусок шоколада, на его поверхности, вероятно, был белый налет: этот слой состоит из жира и/или сахара. Хотя такой шоколад есть не вредно, он уже не выглядит аппетитным и текстура его может стать зернистой.

Фаза кристаллизации	Температура плавления	Свойства
I	17 °C	Мягкий, крошащийся, слишком легко тает
II	21 °C	Мягкий, крошащийся, слишком легко тает
III	26 °C	Твердый, плохо ломается, слишком легко тает
IV	28 °C	Твердый, хорошо ломается, слишком легко тает
V	34 °C	Блестящий, твердый, отлично ломается, тает при температуре, близкой к температуре тела
VI	36 °C	Жесткий, застывает несколько недель

ШОКОЛАДНЫЕ ЯЙЦА ОТ ЭНРИКА РОВИРЫ

Шоколадные яйца

Ингредиенты
Темный шоколад
Масло какао

Инструкции
1. Выберите формы
Выберите формы нужного размера. Проследите, чтобы у них

был сходный дизайн и размеры менялись пропорционально: тогда итоговая композиция получится гармоничной и изящной. Желательно использовать формы из полированного жесткого поликарбоната. Этот материал предпочитают профессионалы и используют в промышленности из-за малой теплопроводности и яркого блеска, который передается шоколаду. Формы должны быть идеально чистыми, чтобы шоколад хорошо отделялся и имел ровную блестящую поверхность. Температура шоколадных форм должна быть в диапазоне 20–25 ˚С. Если формы слишком холодные, расплавленный шоколад не распределится должным образом и на поверхности останутся пузырьки воздуха. Если они будут слишком горячими, кристаллизация шоколада замедлится, что скажется на процессе темперирования, и результат будет неудовлетворительным – поверхность шоколада будет неровной, пятнистой и неблестящей.

2. Растопите темный шоколад

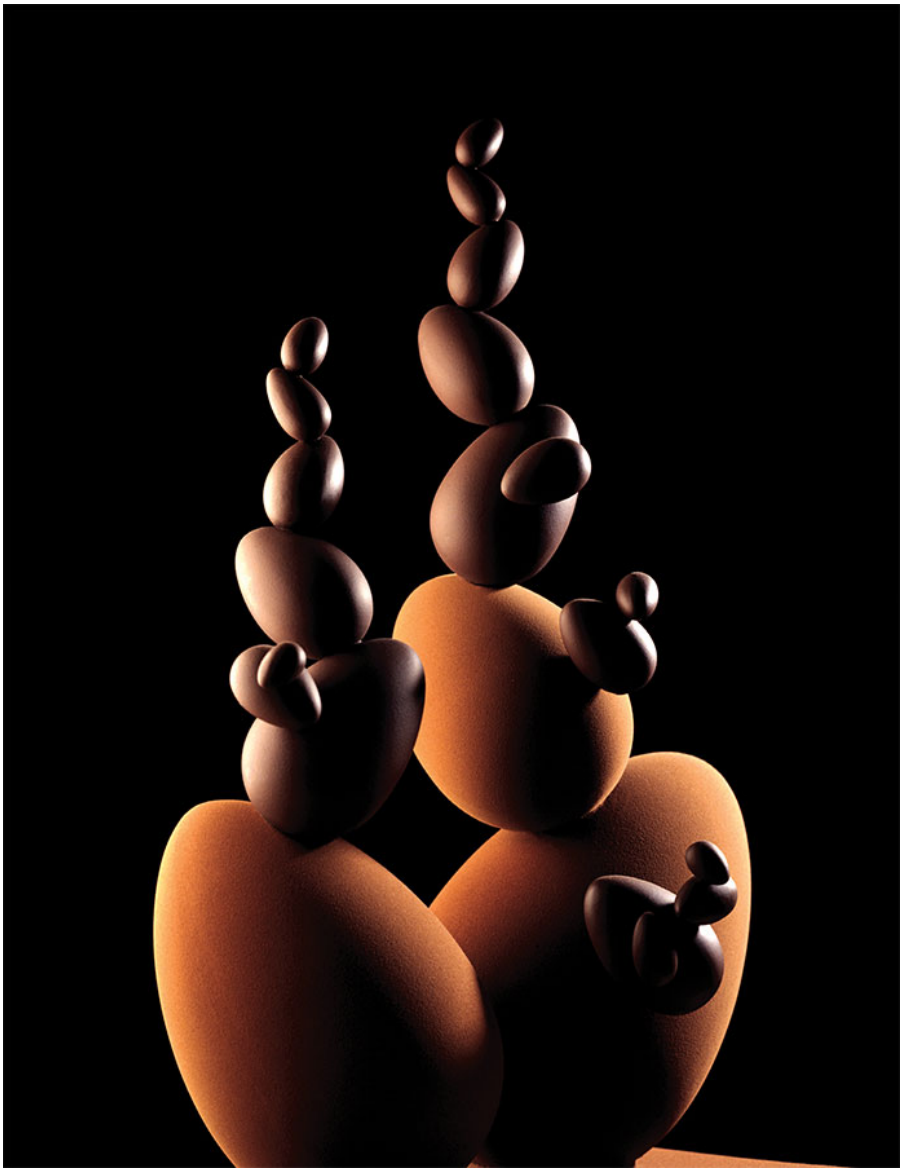
Нагрейте шоколад до 45–50 ˚С (в соответствии с рекомендациями производителя) на водяной бане или в микроволновке. При этой температуре, выше точек плавления всех кристаллов масла какао, он станет полностью жидким.

Важно внимательно следить за температурой: если она окажется ниже рекомендованной, часть кристаллов не расплавится и их присутствие повлияет на вязкость и конечную кристаллизацию шоколада. С другой стороны, при чрезмерном нагревании шоколада выше 55 ˚С сахар и белок в шоколаде могут начать гореть, что изменит его внешний вид, вкус, аромат и текстуру.

3. Темперируйте шоколад

Темперирование шоколада – это процесс, при котором растопленный шоколад кристаллизуется (затвердевает) определенным образом, получая желаемую текстуру, блеск и характеристики плавления.

Кристаллическое состояние масла какао – фактор, который определяет, находится шоколад в твердом или в жидком виде. Кристаллы масла какао полиморфны, то есть способны сформироваться в виде шести различных кристаллических конфигураций, каждая из которых имеет собственные физические свойства, такие как внешний вид, плотность и точка плавления.



Рецепт и изображение предоставлены Энриком Ровирой

Процесс темперирования позволяет добиться кристаллизации исключительно в фазе V, имеющей желаемые характеристики. Для этого необходимо создать нужные ядра кристаллизации и сохранить их.

Чтобы создать ядра кристаллизации фазы V, растопленный шоколад (лишенный всех кристаллов) следует охладить до 28 °C, чтобы способствовать образованию кристаллов типа IV, а затем снова нагреть до 32 °C, чтобы они трансформировались в кристаллы типа V.

Чтобы темперировать шоколад без использования специальной техники, выполняйте следующие шаги.

3.1. Растопите шоколад, проследив, чтобы исчезли все кристаллы, как описано ваше.

3.2. Вылейте 3/4 растопленного шоколада на прохладную поверхность (предпочтительнее на мраморную столешницу или массивный поднос), чтобы охладить его до 28 ˚C. Непрерывно распределяйте и перемешивайте шоколад металлической лопаткой-спатулой, треугольным шпателем или скребком, чтобы температура была одинаковой. Перемешивание также способствует образованию кристаллов: если шоколад не мешать, кристаллы не появляются гораздо дольше. Старайтесь не ввести в шоколадную массу слишком много воздуха. При правильном охлаждении возникнут ядра кристаллизации нестабильной формы IV.

В этом процессе огромную роль играют температура окружающей среды и толщина мраморной столешницы. Если мрамор слишком холодный, шоколад застынет очень быстро и в полученной смеси окажутся твердые частицы шоколада. Если мрамор слишком тонкий или недостаточно холодный, он нагреется за счет растопленного шоколада и охлаждения не произойдет.

3.3. Соедините остывший шоколад (28 ˚C) с оставшейся 1/4 растопленного шоколада (45–50 ˚C) и хорошенько перемешайте, чтобы температура выровнялась. В этот момент она должна составлять 31–32 ˚C, что как раз подходит для того, чтобы кристаллы IV формы перешли в желаемую V форму.

Если температура смеси выше 32 ˚C, остудите шоколад и снова его нагрейте.

Если она ниже, подогрейте его до нужной температуры.

3.4. Проверьте темперирование, опустив в шоколад кончик ножа или полоску бумаги. Если кристаллизация произойдет быстро (примерно за 5 минут), а получившийся шоколад будет гладким и блестящим, он готов к использованию. Чтобы работать с темперированным шоколадом как можно дольше, следует поддерживать достигнутую температуру.

4. Наполните шоколадные формы

4.1. Налейте темперированный шоколад в формы и аккуратно распределите по всей внутренней части. Слегка встряхните, чтобы шоколад растекся, а пузырьки воздуха вышли наружу.

4.2. Переверните формы, чтобы вылить лишний шоколад, и выложите на решетку в перевернутом виде.

4.3. Когда шоколад начнет затвердевать, но еще сохранит

пластичность, срежьте потеки с краев форм. Снова положите перевернутые формы на решетку и дайте шоколаду застыть.

4.4. Повторяйте предыдущие шаги, пока слой шоколада в форме не достигнет нужной толщины.

5. Оставьте кристаллизоваться

Темперированный шоколад может кристаллизоваться при комнатной температуре (18–20 ˚C), но лучше перенести формы (перевернутые, чтобы облегчить извлечение) в помещение с более низкой температурой (10–15 ˚C) или убрать в холодильник. При полной кристаллизации (V фаза) шоколад слегка сжимается, что облегчает его извлечение из форм.

6. Соберите шоколадные яйца

Скрепите половинки яиц небольшим количеством темперированного шоколада или чуть подтопите края. Чтобы это сделать, проведите половинками яиц по гладкой подогретой поверхности (50–55 ˚C): масло какао по краям растопится. Осторожно прижмите половинки друг к другу и дайте шоколаду на стыке полностью кристаллизоваться.

7. Соберите композицию

Склейте яйца различного размера темперированным шоколадом, следя за тем, чтобы все элементы стояли вертикально и крепко. Упростить сборку можно, чуть сточив места соединения ножом или подтопив на нагретой поверхности.

8. Окрасьте композицию

Приготовьте смесь темного шоколада и масла какао (добавляется, чтобы снизить вязкость шоколада). Темперируйте, как описано выше. Аэрографом нанесите тонкий ровный слой на яйца, которые решили покрасить. Следуйте приведенным далее инструкциям для получения блестящей или бархатистой поверхности. Перед тем как продолжать работу над композицией, дайте покрытию полностью застыть в прохладном помещении.

8.1. Для получения блестящей поверхности окрашиваемый шоколад должен иметь температуру 20–23 ˚C. При более низкой температуре поверхность будет приобретать сероватую матовость, а более высокая замедлит процесс кристаллизации, так что на поверхности возникнут белые пятна (ядра кристаллизации нежелательных форм).

8.2. Для получения бархатистой поверхности (велюра) нужно воспользоваться системой Хинера – методом, разработанным кондитером и шоколатье Хуаном Хинером в 1963 году. Этот

метод заключается в охлаждении окрашиваемых элементов до 4–7 ˚С и распылении на них такого же темперированного шоколада, какой используется для обычной окраски. При соприкосновении с холодной поверхностью распыляемая шоколадная смесь быстро кристаллизуется, давая бархатистый эффект и более светлый оттенок.

Система Хинера была исследована в Университете Барселоны совместно с Энриком Ровирой: выяснилось, что покрытие, получаемое этим методом, все равно состоит из кристаллов фазы V, однако они мельче и имеют чуть более низкую точку плавления. Такие изменения придают шоколаду более нежную текстуру и усиливают ощущение свежести при дегустации.

Мороженое и понижение точки застывания

Рецепт миндаля в карамели от Джоан Чанг показал нам, что сахар может оказывать огромное влияние на точку кипения воды, увеличивая ее со 100 ˚С до 150 ˚С по мере ее выкипания. Вы можете спросить, возможно ли точно так же воздействовать на точку застывания? Чтобы найти ответ на этот вопрос, задумайтесь, что происходит, когда вы помещаете в морозильник наполненную форму для льда. Вода превращается в каменно-твердые кубики. А теперь вспомните мороженое в вашем морозильнике. (У вас наверняка есть в морозильнике мороженое: у всех разумных людей оно там есть.) Мороженое – это в основном раствор сахара в воде, примерно такой же, как в рецепте Джоан Чанг. Основное различие в том, что там вместо воды сливки, но сливки по большей части состоят из воды, так что сравнение уместно. Разве мороженое такое же твердое, как лед? Нет, обычно оно мягче. При температуре, которая установлена в морозильнике, вода полностью замерзает, а вот вода с сахаром – только отчасти (и потому она мягче). Дело в том, что сахар в воде понизил точку застывания. Чтобы мороженое стало твердым как лед, температуру в морозильной камере надо понизить еще сильнее. (Заметьте: у вас уже была вся необходимая информация, чтобы ответить на вопрос о точке застывания. Именно потому нам так нравится задавать вопросы про еду и применять научные принципы: они дают настоящее прозрение!)

Вот как понижение точки застывания выглядит на молекулярном уровне. Когда вода замерзает, движущиеся молекулы воды организуются в статичную и в высшей степени упорядоченную конструкцию – в лед. Данная конструкция

получается относительно легко, когда в жидкости есть только молекулы воды, однако молекулы сахара крупнее молекул воды и совершенно на них не похожи. Их в эту конструкцию пристроить труднее. Молекулы сахара встраиваются в нее только тогда, когда и они, и молекулы воды сильно замедляются и особо не дергаются: тогда могут образоваться связи, которые удерживают их на одном месте. Чтобы это произошло, температуру нужно понизить. Таким образом, чтобы раствор сахара в воде застыл, его температуру надо понизить сильнее, чем для чистой воды.

Давайте рассмотрим врезку с рецептом мороженого. Вы убедитесь, что для него требуется не только большое количество сахара, но и немало соли. Первый шаг состоит в том, чтобы растворить сахар (и нужные вам вкусоароматические компоненты) в сливках и получить основу для мороженого. Затем вы кладете эту смесь в пакет со льдом и солью: принцип не слишком отличается от того, на котором работает большинство мороженицы, просто мы используем пакеты вместо хитроумных приспособлений с емкостями, в которых спрятаны все те же растворы соли в воде.

МОРОЖЕНОЕ

Мороженое

Ингредиенты

600 г льда
200 г крупной соли
100 г цельного молока
90 г жирных сливок
20 г сахара
1/4 ч. л. ванильного экстракта или другого ароматизатора

Инструкции

1. Смешайте лед с солью в большом пакете с замком «зип-лок».

2. Поместите молоко, сливки, сахар и ваниль (или другой ароматизатор) в маленький пакет с замком «зип-лок». Как можно тщательнее выдавите из пакета воздух и закройте его, а потом положите в еще один такой же пакет, чтобы избежать протечек. Выдавите воздух и закройте второй пакет.

3. Положите двойной пакет с ингредиентами для мороженого в большой пакет со льдом. Выдавите воздух и закройте. Положите все в еще один большой пакет, чтобы избежать протечек.

Выдавите воздух и закройте второй пакет.

4. Встряхивайте, разминайте или осторожно перебрасывайтесь пакетом с друзьями, пока мороженое не застынет (минут 10).

5. Извлеките маленький пакет с мороженым из большого пакета со льдом. Оботрите, а потом аккуратно откройте.

6. Приятного аппетита!

Самые старые мороженицы состояли из двух ведер: одно, наполненное жидкой основой для мороженого, ставилось в ведро побольше, содержавшее соль и лед. Постоянно сбивая (перемешивая) застывающую смесь сахара и сливок, мы в итоге получали порцию холодного сливочного мороженого. Если нужно было охладить смесь сильнее, мы могли просто добавить еще льда с солью. Эти простые устройства были основаны на возможности играть с фазовыми превращениями, получая нужный результат. Современные мороженицы работают на электричестве, но идея осталась прежней.

Так что же все-таки происходит, когда мы готовим мороженое? Наружное ведро содержит соль и лед. Если вы живете там, где зимой идет снег, то наверняка знаете, что соль используют, чтобы растопить лед. Добавление соли ко льду на самом деле понижает температуру, хоть лед и превращается в воду. Если вам любопытно увидеть это в действии, можно провести простой эксперимент: добавлять в холодную воду соль и измерять ее температуру. Когда в растворе окажется 20 % соли, температура должна упасть примерно до –17 ˚C. Так как мороженое – это смесь сливок, молока и сахара, а не чистая вода, для застывания ее нужно охладить до температуры значительно ниже 0 ˚C, и соль нам помогает. Для этой цели лучше всего подходит крупная каменная соль. Обычная тоже сработает, но мелкие крупинки трудно равномерно распределить между кубиками льда. Они прилипают и тут же растворяются в тонком слое воды на поверхности льда, так что температура окажется менее равномерной. В некоторых электрических мороженицах не используются соль и лед, но они все равно работают на растворе какого-то вещества, который застывает при температуре ниже 0 ˚C.

Если бы мы просто поставили сливочную смесь на холодную поверхность, она превратилась бы в твердый кусок замерзших сливок. Звучит не слишком аппетитно, правда? Вместо этого мы сбиваем ее, так что кристаллы льда в застывающих сливках разбиваются в процессе образования. Они остаются мелкими и разрозненными, благодаря чему мороженое получается мягким и

однородным. Это работает, пока идет взбалтывание, и не особо важно, каким именно образом кристаллы разрушаются. На самом деле оба этих процесса легко повторить без мороженицы! В приведенном здесь рецепте описан способ, при котором использованы пакеты с замком «зип-лок», а сбивание можно заменить встряхиванием, разминанием или даже перебрасыванием: главное, чтобы пакеты были прочные.

* * *

Мороженое – отличный пример того, как научный подход способен помочь приготовить что-то вкусное… но только в случае его правильного применения. На первый взгляд рецепт похож на головоломку: мы кладем в молоко сахар, чтобы мороженое было сладким, но это понижает точку застывания молока, и его труднее заморозить. Можно было бы положить мороженое в морозильник и просто подождать, пока оно застынет, но в идеале его надо постоянно перемешивать во время застывания, чтобы кристаллы не стали слишком крупными. Вместо этого можно положить смесь в ведро со льдом из морозильника, однако температура льда быстро достигнет точки плавления, 0 ˚C, а точка застывания мороженого ниже этой температуры. Решение в том, чтобы добавить в лед соль – много соли. Соль – еще одно растворимое вещество, как и сахар, и при добавлении в воду дает сходный эффект: понижает точку плавления. В краях с холодным климатом зимой дороги часто засыпают солью, чтобы не дать дождю и снегу смерзнуться. Разбрасываемая соль понижает точку застывания настолько, что проезжая часть и тротуары не покрываются льдом и не становятся скользкими.

Вот в чем фокус: в рецепт мороженого нужно добавить достаточно соли, чтобы точка застывания смеси воды и соли стала ниже, чем и без того низкая точка застывания смеси для мороженого. В данном случае нам везет: величина точки застывания зависит от количества молекул, добавленных в воду. Чем больше молекул, тем ниже точка застывания. Метод работает, потому что в каждой молекуле соли два иона – по одному иону натрия и хлора, – а у сахара всего одна молекула. Соль побеждает, и у вас получается мороженое: приятного аппетита!

Нагрев белков

Мы уже увидели, какую важную роль вода, углеводы и жир играют в фазовом превращении пищи. Теперь давайте рассмотрим последние из основных молекул пищи: белки. Можно утверждать, что белки – самые важные молекулы для жизни. Они – те машины, которые заставляют наш организм работать: белки помогают переваривать пищу, переносят сигналы в мозг и даже помогают легким метаболизировать кислород. Каждая клеточка нашего тела набита белками, которые заставляют клетки делиться, расти и делать все то, что необходимо, чтобы оно жило и здравствовало.

При нагревании, сильно превышающем комфортную для белков температуру, они перестают работать. Некоторые из них можно нагревать сильнее прочих: например, белки арктических пингвинов переносят жару гораздо хуже белков пустынных кактусов.

Белки не только важны для функционирования живого: пища, которую мы едим, также получается из живого. Это относится ко всем – веганам, вегетарианцам и мясоедам. Может, веганам и неприятно будет это услышать, но первое, что происходит при нагревании живой материи, которую мы едим, – как животного, так и растительного происхождения, – мы ее убиваем. Более того, смерть жизненно важна для безопасности еды. До тепловой обработки продукты полны микроорганизмов – бактерий и грибков, – часть из которых есть вредно. Очень небольшого количества тепла достаточно, чтобы работа белков внутри этих микроорганизмов дала сбой и микробы погибли. Если эти микробы не убить, они могут вызвать у нас болезнь, а со временем способствовать порче, а потом и гниению продукта. Большинство микроорганизмов живут и благополучно размножаются в диапазоне температур, начиная с чуть выше ноля и заканчивая примерно 50 ˚C. Это объясняет, почему пища, оставленная при комфортной комнатной температуре 25 ˚C, относительно быстро портится. Этим же объясняется и то, почему бактерии и грибки прекрасно себя чувствуют при температуре тела 37 ˚C – приятно теплой среде для микроба. Температура нашего тела обеспечивает выживание как полезных микробов, живущих у нас в кишечнике, так и вредных, которые вызывают заболевание. При температурах ниже этого диапазона холод не дает микробам выживать и расти. Вот почему холодильники и морозильники столь эффективны для хранения продуктов: чем ниже температура, тем медленнее могут расти микробы и тем

дольше может храниться еда.

Когда температура всего на несколько градусов превышает 50 ˚С, работа белков, которые участвуют в основных химических реакциях, дает сбой, и организм погибает. Почему это происходит? Представьте себе молекулы белков. Это длинные цепочки аминокислот, которые свернуты в высокоспецифичные трехмерные структуры. Когда вы увеличиваете нагрев, тепловая энергия заставляет белок извиваться. Из-за такого движения белок растягивается и двигается во все стороны, и в конце концов часть связей, удерживающих эту конструкцию, рвется и белок начинает терять свою структуру или разворачиваться. Этот процесс можно увидеть на рисунке 5. На первый взгляд изменение структуры может показаться незначительным, почти незаметным. Однако, будь вы живым организмом, зависимым от работы этого белка, вы это определенно заметили бы, потому что белок больше не выполнял бы свою основную клеточную функцию и вы бы умерли.

Большинство белков теряют способность функционировать при температурах намного более низких, чем те, что нужны, чтобы продукт считался «приготовленным». Это вполне понятно: чтобы микроб был убит, достаточно только чуть-чуть повредить его белки – намного меньше, чем при полном приготовлении какого-то блюда. Крошечное, но важное различие между этими двумя этапами – несколько чуть развернувшихся белков или же множество полностью развернувшихся – это то, что в пищевой промышленности успешно используется при пастеризации. Большинство технологий пастеризации заключается в нагреве только до такой степени, чтобы микробы погибли, а продукт не изменился. Для этого обычно требуется поддерживать определенную температуру в течение некоторого времени. Чем выше температура, тем короче время нагрева. Например, вы могли бы идеально пастеризовать яйцо у себя на кухне, нагревая его на водяной бане при 57 ˚С в течение двух часов. Когда вы разобьете это яйцо, белок и желток будут выглядеть совершенно сырыми, но любые микробы, которые могли в них находиться, будут убиты, и такое яйцо можно смело есть. При более высоких температурах пастеризация происходит почти мгновенно. Например, технология пастеризации молока, рекомендованная Национальным советом по молочным продуктам США, требует нагрева до 89 ˚С на 1 секунду, а затем до 100 ˚С (температуры кипения воды) всего на 0,01 секунды.

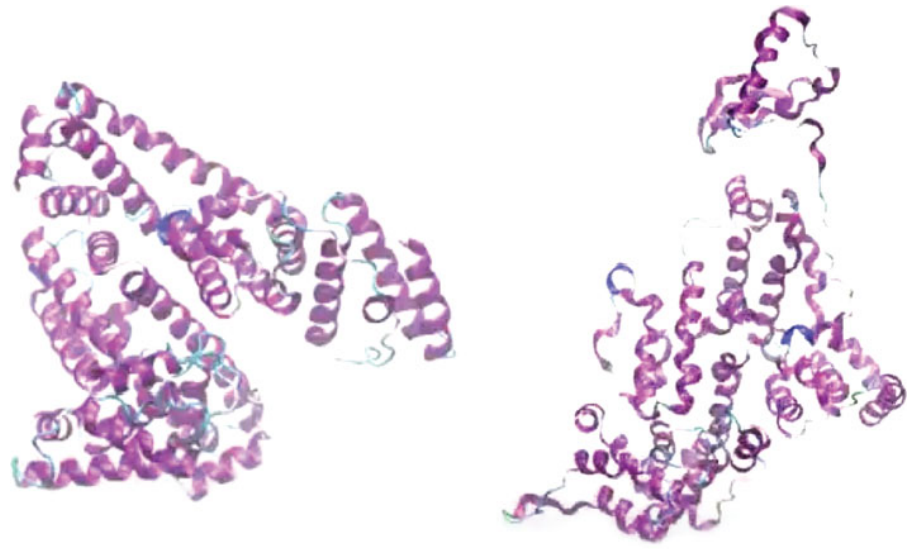


РИСУНОК 5

Белки – очень сложные молекулы. Они состоят из длинных цепочек аминокислот. Хотя ученым довольно легко удается определить, какие аминокислоты входят в какие белки, во многих случаях по-прежнему остается непонятным, как именно белки свернуты. Порядок аминокислот может влиять на то, какие именно части белка могут сворачиваться, а свертывание, в свою очередь, влияет на то, как белок функционирует в организме. На рисунке показано свернутое состояние яичного альбумина (слева). Белок яичного альбумина состоит в основном из повторяющихся структур основной цепи (на рисунке окрашены фиолетовым цветом) и неповторяющихся сегментов, распределенных между ними (на изображении – тонкие линии). На левом изображении белок находится в своем естественном свернутом виде. Справа – модель того, что происходит при нагреве и денатурации белка.

Изображение предоставлено Грегори Вердином и Квангхо Намом

Таким образом, даже при относительно небольшом нагреве мы можем убивать микробы и пастеризовать продукты. Это поистине фантастический и потенциально сохраняющий жизни результат, по крайней мере для людей, но, конечно, не единственная причина, по которой мы готовим еду с помощью нагрева. Что произойдет, если мы поднимем температуру еще выше?

При более сильном нагреве белки, чья структура была только чуть нарушена, разворачиваются еще сильнее. На самом деле они

настолько меняются, что вы наблюдаете эти изменения невооруженным глазом. Конечно, невозможно увидеть отдельную молекулу белка, но заметно, что что-то произошло: цвет и текстура продукта преобразились! Яйца из прозрачных становятся белыми, из жидких – твердыми. Сырой стейк из розового становится коричневым, из нежного – плотным. Белки разворачиваются или денатурируют, а потом отдельные, самостоятельные молекулы могут склеиться, заставив белки коагулировать, превращаться из жидких в твердые – яйцо становится вареным или поджаренным.

Приготовление яиц

Давайте рассмотрим эти переходы с разворачиванием белка на примере яиц. Яйца – квинтэссенция жизни. Само по себе яйцо содержит в себе все ингредиенты, необходимые для того, чтобы превратиться в живого цыпленка. С точки зрения кулинарии яйца замечательны тем, что наглядно демонстрируют воздействие нагрева на белки. В яйцах содержатся разнообразные белки: только в самом яичном белке их больше ста. Все эти белки денатурируются при слегка различных температурах. Замечательно то, что мы можем в макроскопических масштабах наблюдать пошаговые молекулярные преобразования, которые происходят в яйце при нагревании. На самом деле эти преобразования настолько предсказуемы, что опытный повар может использовать яйца почти как термометры.

Давайте посмотрим, как это работает.

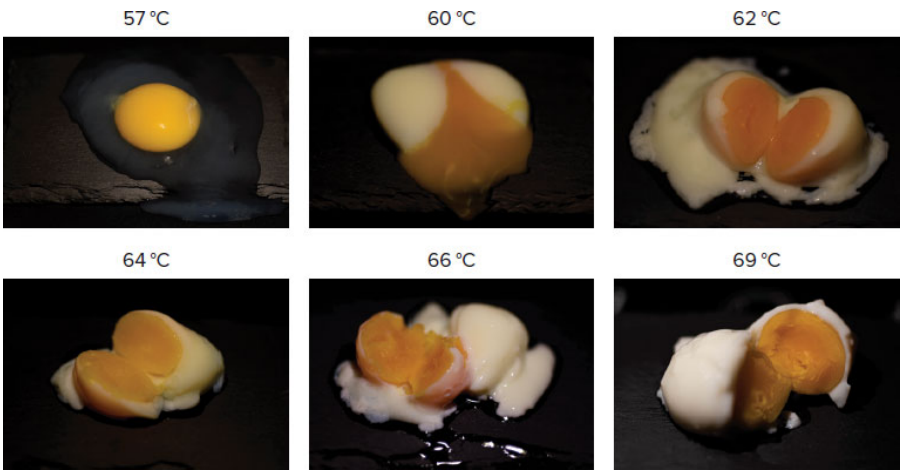


РИСУНОК 6

Технология су-вид используется поварами, которым для приготовления блюда нужна какая-то определенная температура. Обычно она заключается в том, что ингредиенты герметически запечатывают вакуумным упаковщиком и опускают в водяную баню, в которой поддерживается необходимая температура. Через несколько часов (в зависимости от размера кусков) температура продукта сравняется с температурой воды. Эта технология очень полезна на коммерческих предприятиях, потому что различные ингредиенты можно сохранять при одной температуре, готовыми к доводке и подаче. Су-вид можно использовать для создания замечательных блюд, требующих строгого контроля температуры. На рисунке показаны яйца, приготовленные при различной

температуре от 57 ˚С до 69 ˚С. В основном тексте мы описали эти поразительные превращения.

Для приготовления яиц су-вид не требуется сложных и дорогих приспособлений. Поняв принципы этой технологии, вы легко сможете воспроизвести ее дома. Следующий далее рецепт – упражнение из нашего гарвардского онлайн-курса. Слушатели курса со всего мира предложили разнообразные хитроумные усовершенствования, и изображения, приведенные выше, – примеры некоторых из них.

Фотографии Арвинда Сринивасана и Роберта Грэма

ЯЙЦА СУ-ВИД НА ДОМАШНЕЙ КУХНЕ

Яйца су-вид

Ингредиенты

12 яиц комнатной температуры

Инструкции

1. Положите яйца в кастрюлю среднего размера, налив примерно 2,5 см воды. Доведите воду до кипения. Тут же выключите огонь и оставьте яйца вариться 10–15 минут. Извлеките яйца щипцами или шумовкой и оставьте остывать. Воду из кастрюли не выливайте. Эти сваренные вкрутую яйца нужны для сравнения с другими яйцами.

2. Налейте в другую кастрюлю (или чайник) воды и доведите ее до кипения.

3. Измерьте температуру воды, оставшейся после варки яиц. Если она выше 62 ˚С, дайте ей остыть до этой температуры. Если она оказалась ниже, долейте кипятка, чтобы довести ее до 62 ˚С.

4. Положите три сырых яйца в эту баню с температурой 62 ˚С. Поддерживайте в ней температуру между 58 ˚С и 62 ˚С как минимум 20 минут (в идеале около 40 минут), подливая кипяток по мере того, как вода будет отдавать тепло яйцам и окружающей среде. Диапазон не обязательно соблюдать точно, но температура не должна превышать 62 ˚С дольше чем пару секунд. Желательно, чтобы в итоге температура оказалась средней между верхним и нижним пределом (60 ˚С). Полезно обратить внимание, сколько времени требуется для того, чтобы температура воды понизилась на 1 ˚С, чтобы не приходилось следить за ней непрерывно (это время будет зависеть от целого ряда факторов, но для начала его можно оценить как 1 ˚С каждые 1,5 минуты).

5. По прошествии указанного времени достаньте одно яйцо из бани, немного остудите под струей холодной воды, а потом разбейте в миску. Если оно окажется той консистенции, которая описана далее в тексте, извлеките два оставшихся яйца и отставьте. Если нет, оставьте яйца в бане еще на 10 и 20 минут соответственно, а потом остудите под струей воды и разбейте в отдельные мисочки.

6. Повторите шаги 3 и 4 с еще тремя яйцами и температурой воды в диапазоне 61–65 ˚C и финальной температурой 63 ˚C, а оставшиеся три яйца приготовьте в диапазоне 64–68 ˚C с финальной температурой 66 ˚C. Сравните с яйцами, сваренными вкрутую в первом шаге. Для каждого диапазона температур оцените внутреннюю температуру яйца, сравнивая их состояние с тем, которое описано в тексте.

Мы уже упомянули, что яйцо, выдержанное пару часов в водяной бане при температуре 57 ˚C, больше не будет содержать опасные микроорганизмы, но по-прежнему будет иметь жидкий желток и прозрачный белок. Если же увеличить температуру водяной бани всего на 3 ˚C (60 ˚C), белок чуть затвердеет и изменит цвет. Часть белков яйца уже начнет денатурировать и коагулировать, но не все. При 62 ˚C белок изменит цвет и станет плотным, но желток останется жидким (идеально для яиц «Бенедикт»). При 64 ˚C желток полностью сварен, но остался нежным. Итак, всего 2 ˚C – от 62 ˚C до 64 ˚C – и желток из совершенно жидкого стал плотным. Это изменение настолько резкое, что те, кто знаком с такими превращениями, могут определить температуру с точностью до десятых долей градуса. Какая температура у водяной бани: 63 ˚C или ближе к 63,3 ˚C? Яйцо это покажет.

Яйцо, сваренное при 64 ˚C, часто называют «идеальным» и постоянно используют в ресторанах. Повара пользуются методом контролируемой температуры, описанным во врезке, чтобы получить большое количество таких «идеальных» яиц, которые легко можно подавать посетителям, как только их заказали. Однако любое яйцо можно считать «идеальным» в зависимости от ваших кулинарных планов. Еще на 1 ˚C выше – и при 65 ˚C желток еще изменится и приобретет консистенцию пластилина Play-Doh. При 66 ˚C у желтка чуть более плотная текстура марципана, которая идеально подходит для вылепливания фигурок или раскатывания тонким слоем, тогда как при более высоких температурах он станет еще плотнее – и ничего не выйдет. При 67 ˚C желток перестает быть кремовым и начинает приобретать зернистую текстуру, свойственную яйцам,

сваренным традиционным способом. Наконец, при 70 ˚C яйцо становится похожим на типичное яйцо всмятку, хотя желток имеет однородную консистенцию, а не оказывается в центре чуть менее проварившимся, чем снаружи. И только при температуре около 75–80 ˚C яйцо становится крутым, желток приобретает характерный зеленоватый оттенок, появляется сернистый запах.

Каждое макроскопическое изменение соответствует некоему молекулярному преобразованию. При 63 ˚C разворачивается содержащийся в яичном белке овотрансферрин (кональбумин). По мере повышения температуры разворачиваются различные белки желтка: овальбумин, овомукоид, овоглобулин и многие другие. Интересно, что все эти преобразования происходят в узком диапазоне, равном 13 ˚C. Пожалуй, нигде в кулинарии точный контроль температур не бывает настолько важен. Погрешность даже в 1 ˚C может дать неправильно сваренное яйцо.

Важно отметить, что яйцо, оставленное при 64 ˚C, не будет «идеальным» вечно. Если эта температура сохранится, денатурация белков будет медленно продолжаться, изменяя текстуру. Однако в обычных временных рамках кулинарии этот метод позволяет очень точно готовить яйца и обеспечивает стабильный результат.

Разворачивание белков и желатинизация

Приглядимся внимательнее, чтобы понять, что происходит с этими переходами белков на молекулярном уровне. 20 аминокислот, из которых состоят белки, расположены в различных последовательностях, и точный характер последовательности определяет то, как работает белок. Это основа биологии, и многие системы управления в ней нацелены на то, чтобы обеспечивать функционирование белков в различных условиях. Однако в кулинарии наши задачи иные: при готовке мы создаем вкуснейшие блюда, изменяя исходные белки так, что они больше не способны выполнять исходное предназначение.

20 аминокислот различаются химическими и физическими свойствами, однако два из них особенно важны для того, что происходит с белками при нагреве: гидрофильность и гидрофобность. Гидрофильные аминокислоты растворяются в воде (это слово переводится с древнегреческого как «любящий воду»). Гидрофобные (то есть «боящиеся воды») аминокислоты, наоборот, в воде не растворяются, но растворяются в масле. Подобно маслу и воде, гидрофильные и гидрофобные аминокислоты не любят тесного контакта друг с другом, предпочитая соединяться с себе подобными.

Гидрофобные аминокислоты в белковой цепочке стараются собраться вместе и по возможности не соприкасаться с водой, окружающей белок. Гидрофильные аминокислоты также собираются вместе, но ведут себя противоположным образом и сохраняют контакт с водой. Таким образом, когда белок сворачивается в предпочтительную для него структуру, происходит примерно следующее: если температура достаточно низкая, так что белок особо не дергается, он старается сложиться компактно. При этом гидрофобные аминокислоты втискиваются в центральную часть белка, чтобы не соприкасаться с водой. Гидрофильные аминокислоты, наоборот, собираются на поверхности, в контакте с водой и подальше от гидрофильной серединки. Добиться такого идеального расположения невозможно, потому что аминокислоты также соединены между собой в белковую цепочку, но идея в том, чтобы свести исключения из этого правила к минимуму. Это подчинено принципу сведения к минимуму свободной энергии белка, – побеждает наиболее благоприятная конфигурация.

В конкретном случае приготовления яиц процесс идет так: яичный белок состоит преимущественно из воды, а в воде в подвешенном состоянии находятся различные типы белковых молекул. Одна из основных называется овотрансферрином. В сыром яйце белки овотрансферрина идеально свернуты в свою природную структуру и похожи на плавающие в воде крошечные сгустки. При нагреве примерно до 63 °C молекулы овотрансферрина начинают разворачиваться, а полимеры распространяются в воде и делают нечто совершенно поразительное.

Чтобы рассказать об этом, нужно, чтобы вы на секунду прервались и включили воображение. Представьте себе детишек, бегающих по детскому саду. Вы воспитатель, и вам нужно прекратить их беготню. Вы громко приказываете им остановиться. Некоторые детишки не слушаются и продолжают бегать. Тогда вы говорите, чтобы они взяли за руки двоих своих соседей. Ребята дружные и с удовольствием слушаются вас. В этот момент все останавливаются. Ни один ребенок не сможет сдвинуться с места, не отпустив руки. Нечто похожее происходит с белками в яйце. Они разворачиваются и затем склеиваются друг с другом, потому что открывшиеся гидрофобные аминокислоты клейкие. После этого молекулы белка больше не могут двигаться. Таким образом вещество из жидкого превратилось в твердое. Жидкое яйцо полностью изменилось. Как это ни удивительно, яйцо по-прежнему состоит в основном из воды, и только небольшое количество коагулированного белка, распределенного по всему

объему яйца, делает его твердым, то есть сваренным. Вдобавок коагулированный белок сильнее рассеивает свет, заставляя цвет измениться: яйцо становится белым.

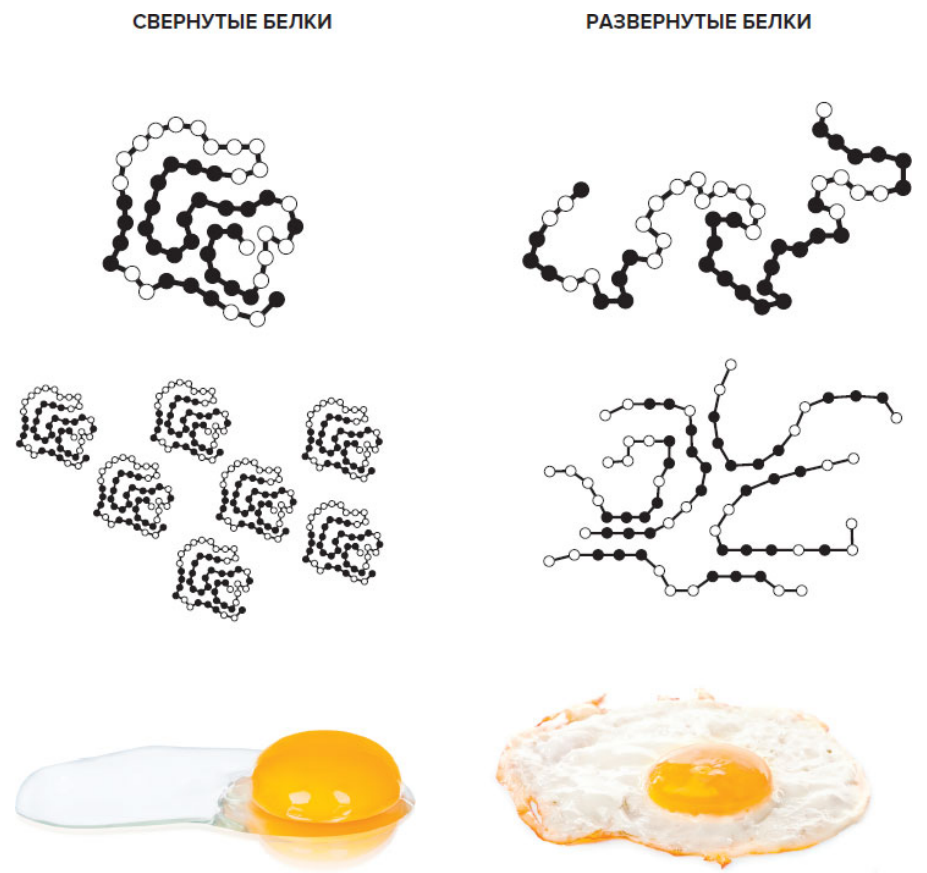
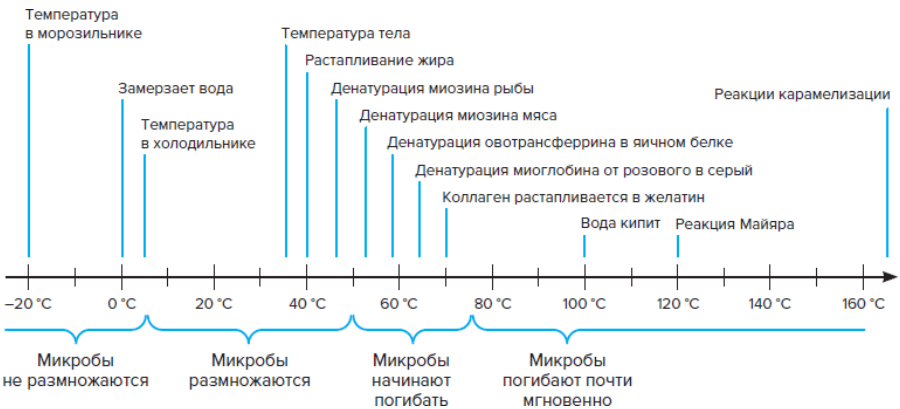


РИСУНОК 7

Схематичное изображение яичного белка в свернутом и развернутом состоянии. Черными кружками обозначены гидрофобные аминокислоты, которые не желают взаимодействовать с водой. Белые кружки – гидрофильные аминокислоты, которым нравится соседство с водой. В свернутом состоянии большая часть черных кружков находится в центре сгустка, где воды меньше. Эти плотно свернутые молекулы остаются разделенными в белке яйца, который в основном состоит из воды, – вот почему в сыром яйце белок жидкий. После нагрева белки разворачиваются, так что гидрофобные остатки обнажаются, однако остаются гидрофобными и потому находят сходные участки других молекул белка, чтобы взаимодействовать с ними. Это приводит к коагуляции – развернутые белки соединяются друг с другом. Приготовленный яичный белок становится белым, потому что коагулировавшие белки

рассеивают свет.

Такое превращение в яйце, в результате которого оно из жидкого становится твердым, называется желатинизацией. Нечто подобное происходит при нагревании других продуктов, богатых белками, таких как мясо или рыба. В сыром стейке белки свернуты: мясо нежное, красное и чуть прозрачное. При нагревании – обычно между 50 °C и 60 °C – основные белки мяса, миозин и миоглобин, начинают разворачиваться и формировать поперечные сшивки. Чем больше таких сшивок, тем тверже становится мясо, переходя стадии от прожарки «с кровью» до хорошо прожаренного. Как и в яйцах, в жарящемся мясе происходят микроскопические изменения, которые напрямую влияют на цвет и вкус получившегося стейка.



Варка пасты

В завершение нашего знакомства с воздействием нагрева на различные компоненты еды давайте ненадолго вернемся к углеводам. Мы уже видели, что происходит с простыми углеводами, такими как сахар. Но как насчет сложных? В пасте великое множество сложных углеводов, а именно крахмалов. Крахмал – это длинная цепочка молекул сахара, соединенных друг с другом. Что происходит, когда мы кладем пасту в кипящую воду? Во-первых, поскольку паста обезвожена, при попадании в воду она регидратируется. В результате этого крахмал разбухает. Во-вторых, нагрев ускоряет регидратацию и разбухание, заставляя крахмал выделять белки, которые склеивают зерна крахмала. Исходно паста была сухой и ломкой. Оказавшись в воде и подвергнувшись нагреву, она превратилась в гель, непрозрачный и податливый, похожий на сваренный яичный белок.

На схеме, показанной на следующей странице результат воздействия тепла на продукты. Однако нагрев – всего лишь один из способов преображения продуктов. Ниже мы рассмотрим и другие.

3
Заряд, pH и ферменты

Ферменты и кислоты – скрытые ингредиенты рецептов. Они определяют вкус блюда и то, как оно приготавливается. Без ферментов и кислот мы даже не могли бы переваривать пищу да и вообще ее есть, так что не стоит удивляться тому, что они играют столь важную роль.

Гарольд Макги

Преобразования с помощью электрического заряда

В прошлой главе мы обсудили, как нагревание преображает продукты при их тепловой обработке. Существует еще один переключатель, который мы можем использовать при готовке, однако он менее известен, чем нагрев. Этот переключатель управляет электрическим зарядом. Возможно, у вас сохранились полученные на школьных уроках физики знания об электрическом заряде. Вас учили, что одноименные заряды отталкиваются, а противоположные – притягиваются. Это верно, но, приходится признать, скучновато. Ну а какое отношение заряды имеют к кулинарии? На самом деле они не только связаны с приготовлением пищи, но и играют важную роль во многих любимых нами блюдах… как мы вскоре убедимся.

Оказывается, как белки, так и углеводы – два вида основных молекул пищи – могут иметь электрический заряд. Белки заряжены потому, что заряжена часть их аминокислот (аспарагиновая и глутаминовая кислоты имеют отрицательный заряд, а аргинин и лизин – положительный). Это значит, что, когда вы добавляете другие вещества в уже заряженные продукты, белки и углеводы, из которых они состоят, разрываются, меняя тем самым текстуру блюда в целом. Поразительно, что это изменение текстуры часто сходно с тем, которое может дать нагрев.

Преобразования с pH

Самые распространенные ингредиенты, которые добавляют в еду, чтобы управлять зарядом, – это те, что изменяют pH, делая еду либо более кислой, либо более щелочной. Действительно, изменение pH сильно влияет на заряд, поскольку при этом меняется заряд на белках и углеводах. Давайте проиллюстрируем это несколькими примерами.

Столетние яйца

Во врезке приведен рецепт столетнего яйца. В нем такой набор ингредиентов, какой вы вряд ли ожидаете увидеть: соль, гидроксид натрия и чайный лист! В традиционных рецептах столетних яиц список ингредиентов может оказаться еще более загадочным и включать в себя такие субстанции, как глина и

зола. Объединяет все эти рецепты щелочной pH. А еще в них есть один важный ингредиент: время. Яйца должны выдерживаться в растворе по-настоящему долго, иногда до шести недель, как в рецепте Кори Ли, приведенном во врезке. Ну надо же – ждать яйца шесть недель! Однако именно так и бывает при готовке без нагрева. В результате яйцо становится твердым, как при нагревании, и больше не может вернуться к жидкому состоянию. И, как и при нагревании, цвет также изменяется, но еще более кардинально: белок тысячелетнего яйца становится прозрачно-коричневым, а желток окрашивается в оттенки синего, зеленого и желтого.

Рецепт и изображение предоставлены рестораном Benu

СТОЛЕТНИЕ ПЕРЕПЕЛИНЫЕ ЯЙЦА С СУПОМ И МАРИНОВАННЫМ ИМБИРЕМ ОТ КОРИ ЛИ

Столетнее яйцо

Ингредиенты
Маринованный имбирь (рецепт см. далее)
Суп (рецепт см. далее)
Капустный жю (рецепт см. далее)
Половинка столетнего перепелиного яйца (рецепт см. далее)

Соль

Инструкции

1. Положите в пиалу немного мелко нарубленного имбиря.
2. Вылейте на него большую ложку разогретого супа.
3. Покройте капустным жю.
4. Приправьте половинку яйца маринадом из-под имбиря и солью. Выложите сверху.

Маринованный имбирь

Ингредиенты

1 кусок (5 см) свежего корня имбиря, очистить и очень тонко нарезать на терке-мандолине

2 части воды

1 часть уксуса из шампанского

1 часть сахара

Инструкции

1. Взвесьте нарезанный имбирь и положите в большую жаропрочную миску.
2. Отмерьте нужное количество воды, уксуса и сахара, смешайте в кастрюле и доведите до кипения на сильном огне.
3. Залейте имбирь кипящим маринадом. Остудите до комнатной температуры.
4. Накройте и выдержите в холодильнике не менее 1 недели.
5. Откиньте имбирь на сито и мелко нарубите. Маринад сохраните.

Суп

Ингредиенты

200 г тонко нарезанного бекона

700 г тонко нарезанных листьев молодой белокочанной капусты

200 г тонко нарезанного репчатого лука

50 г сливочного масла

1 л куриного бульона

7 г соли

0,5 г кайенского перца

100 г горячих жирных сливок

Инструкции

1. Растопите сливочное масло в большой кастрюле на среднем огне. Добавьте бекон, капусту и лук и обжарьте до мягкости, но без карамелизации.
2. Влейте бульон, увеличьте нагрев до средне-сильного и доведите до кипения. Уварите до 900 г.
3. Снимите с огня, добавьте сливки, соль и перец и пюрируйте погружным блендером или в комбайне.
4. Пропустите через мелкое сито в миску, поставленную на ледяную баню. Дайте хорошо охладиться.

Капустный жю

Ингредиенты

1/2 кочана зеленой капусты

Добавить в жю по весу:

2 % крахмала Ultra-Tex[3]
1 % соли
0,5 % уксуса из шампанского

Инструкции

1. Доведите до кипения воду в большой кастрюле. Наполните большую миску холодной водой и кубиками льда.
2. Оборвите наружные листья с кочана капусты. Срежьте несколько толстых полосок с оставшегося кочана и отложите их.
3. Бланшируйте капусту в кипящей воде в течение 1 минуты, а потом переложите в ледяную воду для быстрого охлаждения.
4. Отожмите лишнюю воду и промокните листья.
5. Пропустите капусту через соковыжималку.
6. Соберите всю мякоть и пропустите через соковыжималку еще раз.
7. Процедите сок через сито-шинуа.
8. Взвесьте сок и добавьте нужное количество крахмала, соли и уксуса.
9. При подаче украсьте полосками капусты.

Столетние перепелиные яйца

Ингредиенты

330 г воды
1 г чая «Пуэр»

16 г нейодированной соли
14 г пищевого гидроксида натрия (едкого натра)
0,7 г пищевого оксида цинка
24 перепелиных яйца

Инструкции

1. В маленьком сотейнике доведите до кипения половину воды.
2. Снимите с огня и добавьте чай. Настаивайте 20 минут.
3. Добавьте соду, гидроксид натрия и оксид цинка, перемешайте до растворения. Влейте оставшуюся воду.
4. Перелейте раствор в керамическую посуду с крышкой и оставьте на ночь.
5. На следующий день положите в раствор яйца. Накройте крышкой и держите яйца в растворе 12 суток. (Внимание: диффузия требует длительного времени! В главе 4 будет объяснена причина.)
6. Извлеките яйца из раствора и ненадолго опустите в воду, чтобы промыть скорлупу, а потом оставьте сохнуть примерно на час.
7. Запечатайте яйца в пластиковый пакет с замком «зип-лок». Положите пакет в светонепроницаемый контейнер. Уберите в прохладное сухое место не менее чем на 4 недели.
8. Доведите до кипения воду в большой кастрюле. Наполните большую миску холодной водой и кубиками льда.
9. Достаньте яйца из пакета и опустите в кипящую воду на 1 минуту. Варите по несколько яиц за прием, чтобы кипение не прекращалось.
10. Шумовкой переложите яйца в ледяную воду. Оставьте до полного охлаждения.
11. Очистите от скорлупы и разрежьте вдоль пополам.

Столетние яйца в Китае считаются деликатесом. Такой консервации обычно подвергаются утиные, куриные или перепелиные яйца. Белок приобретает желеобразную текстуру, а желток получается кремовым, с чуть резковатым яичным запахом. Если вы раньше готовили яйца только с помощью нагрева, вкус столетнего яйца покажется вам чем-то новым, но в то же время некое сходство с обычными яйцами вы почувствуете. Обмазка яиц смесью чая, различных солей и древесной золы создает щелочную среду, необходимую для протекания химических реакций. Как и при солении и мариновании, этот процесс требует времени – в данном случае более месяца. При должных условиях на поверхности белка может даже кристаллизоваться часть солей,

которые создадут красивые узоры, похожие на снежинки (китайцы называют такие яйца сосновыми или яйцами сосновой хвои).

Лютефиск

Еще один рецепт, в котором pH играет роль ключевого ингредиента, – скандинавский деликатес лютефиск. Одна из авторов этой книги, Пиа, росла в Швеции и вспоминает, что в детстве каждый год ела лютефиск на Рождество. (Не будучи сама поклонницей этого блюда – и вы поймете причину, если воспользуетесь этим рецептом, – она в основном налегала на картофель, горошек и горчичный соус, которые к нему подавали.) Лютефиск происходит от древнего способа хранения рыбы. Свежепойманную рыбу вялят много недель, пока вся вода не испарится, так что остается только очень сухое и жесткое мясо. Чтобы его можно было есть, используется длительная процедура вымачивания попеременно в растворе гидроксида натрия и воде. Это занимает почти месяц: по традиции к приготовлению лютефиска приступают в Аннин день, 9 декабря, так что остается достаточно времени до Рождества и все химические и физические преобразования успевают произойти. (Конечно, даже в Швеции в наше время можно просто купить готовый продукт в супермаркете.) Во время этого длительного приготовления щелочной раствор постепенно разрушает белковые цепочки, и в результате рыба приобретает желеобразную текстуру. Вы едите нечто похожее на желе из рыбы.

ЛЮТЕФИСК

Лютефиск

Ингредиенты

1 кусок вяленой рыбы (трески или мольвы)
2 ст. л. пищевого гидроксида натрия (едкого натра)
Соль

Инструкции

1. Положите вяленую рыбу в емкость с водой и выдержите в холодильнике 6 суток, ежедневно меняя воду. Слейте воду.

2. Надев перчатки, растворите гидроксид натрия в 4 литрах воды, постепенно всыпая его в воду. НИ В КОЕМ СЛУЧАЕ не поступайте наоборот, не вливайте воду в едкий натр: может случиться небольшой взрыв и все вылетит наружу. Опустите туда

рыбу и уберите в холодильник на 3 суток.

3. Надев перчатки, извлеките рыбу из раствора. Переложите в емкость с пресной водой и держите в холодильнике от 4 до 6 суток, ежедневно меняя воду.

4. Проверьте готовность рыбы, отварив небольшой кусочек: если текстура слишком желатинообразная, вымачивайте дольше, если слишком жесткая – начинайте сначала. Рыба должна расслаиваться и иметь мягкий вкус.

5. Чтобы приготовить рыбу, промойте ее и положите в кастрюлю из нержавеющей стали (алюминий или медь вступают в реакцию с гидроксидом натрия).

6. Посолите по вкусу, накройте крышкой и варите на слабом огне 20 минут.

7. Извлеките рыбу и слейте жидкость.

8. Подавайте с вареным картофелем, горошком и растопленным сливочным маслом или горчично-сливочным соусом.

Лютефиск получают, вымачивая сушеную рыбу в щелочном растворе едкого натра (гидроксида натрия) или гашеной извести (гидроксида кальция). Оба раствора – высокощелочные. Насколько щелочные, вы можете вычислить, подробнее изучив приведенный здесь рецепт. Молекулярный вес гидроксида натрия (NaOH) равен 40 г/моль. Одна столовая ложка гидроксида натрия весит примерно 32 грамма, что дает концентрацию 0,42 моля на литр. Это соответствует pH 13,6! Раствор такой едкий, что надо надевать перчатки, чтобы не обжечься. Многоступенчатое вымачивание и промывание удаляет щелочь, но все равно после варки жидкость рекомендуется вылить. Щелочь в приготовлении пищи используют многие народы. Например, в кухне коренного населения Америки, а также в мексиканской и центральноамериканской едкий натр и гашеная известь применяются для вымачивания сушеной кукурузы, которая затем идет в различные блюда.

Севиче

Столетние яйца и лютефиск готовят при щелочном pH в виде гидроксида натрия, глины или золы. Существуют, однако, блюда, в которых то же самое делается с помощью кислоты. Одно из наиболее известных и популярных – севиче. Севиче – это сырая рыба, которая некоторое время выдерживается в лимонном или лаймовом соке. Цитрусовый сок с низким pH приготавливает рыбу – и это видно невооруженным глазом. Кусок белой рыбы,

например тиляпии, становится непрозрачным. Кусок красного тунца из ярко-красного становится тускло-розовым. При этом рыба приобретает более плотную текстуру, похожую на ту, что мы получаем при нагреве. Во врезке дан классический рецепт севиче и его филиппинский вариант, кинилоу, где вместо сока лайма используется уксус.

СЕВИЧЕ

Севиче

Ингредиенты

200 г подходящей для сашими рыбы, нарезанной кусочками толщиной 0,5 см

250 мл сока лайма

1 нарезанный кубиками помидор

1 или 2 мелко порубленных зубчика чеснока

1/2 красной луковицы, мелко порубить

2 ст. л. рубленой кинзы

1 перец серрано[4] без косточек, мелко порубить (не обязательно)

1 ч. л. соли

1/4 ч. л. молотого черного перца

1 авокадо, очистить и нарезать ломтиками для подачи

Начос для подачи

Инструкции

1. Налейте сок лайма в миску среднего размера. Положите в него рыбу и маринуйте при комнатной температуре или в холодильнике в течение 15–20 минут.

2. Пока рыба маринуется, смешайте в небольшой миске помидор, чеснок, лук, кинзу, серрано (если используете), соль и перец.

3. Слейте сок лайма и смешайте рыбу с овощами. Можно разрезать кусочки пополам и увидеть, как цвет и текстура изменились под воздействием сока лайма.

4. Разложите порции по тарелкам, украсив ломтиками авокадо. Ешьте с чипсами начос.

КИНИЛОУ ОТ МАРГАРИТЫ ФОРЕС

Кинилоу

Ингредиенты

Маринад/Соус

3/4 стакана белого уксуса

1/4 стакана мелко порубленных каламондинов[5]

1 мелко порубленная красная луковица

1 кусок (2,5 см) корня имбиря, очистить и порубить

31/2 ст. л. рафинированного сахара

1/2 ст. л. соли

Кинилоу

1/4 тонко нарезанного огурца

2 тонко нарезанные мелкие красные редиски

2 тонко нарезанных зеленых перца чили

1/2 маленького желтого болгарского перца без семян, нарезанного кубиками

30 г кукурузных «орехов» (жаренные во фритюре кукурузные зерна, филиппинская закуска; можно заменить вареной кукурузой)

250 г тунца для сашими, нарезанного ломтиками или порубленного

Тонкие крекеры для подачи

Микрозелень для подачи

Инструкции

1. Поместите все ингредиенты для маринада в миску и хорошенько перемешайте. Перелейте 1/4 стакана в другую миску, а остальное поставьте в холодильник.

2. Положите в 1/4 стакана маринада огурец. Уберите в холодильник мариноваться (не менее 30 минут или на всю ночь), затем откиньте на дуршлаг.

3. В третьей миске смешайте редис, чили, болгарский перец, кукурузу, огурец и кусочки тунца. Залейте оставшимся маринадом и перемешайте. Переложите на тарелку.

4. Украсьте крекерами и микрозеленью.

Рецепт и изображение предоставлены Маргаритой Форес

Зависимость разворачивания белков от pH

Из приведенных ранее примеров видно, что pH может оказывать огромное влияние на внешние и текстурные характеристики продуктов. Какими же процессами на молекулярном уровне можно объяснить такие изменения?

Вспомним нашу свернутую белковую цепочку, где различные аминокислоты обладают определенными свойствами. Некоторые похожи на воду, некоторые – на масло, и небольшое их число имеет положительный или отрицательный заряд. Если две положительно заряженные аминокислоты оказались рядом, они будут отталкивать друг друга, слегка раздвигая эту часть белковой цепочки. И наоборот, две аминокислоты с противоположным зарядом будут притягиваться и сближать свои цепочки. Когда белок идеально свернут, все эти притяжения и отталкивания уравновешены, а белок полностью стабилен.

Мы видели, что происходит, если передавать такому белку тепло: из-за избытка энергии он начнет дергаться, разрывая связи. Белок денатурирует, а затем коагулирует, когда его куски создают новые связи с другими случайными участками белковых цепочек. Сходный процесс происходит при электрическом заряде. В растворе с низким pH огромное количество положительно заряженных ионов водорода будет связываться с аминокислотами везде, где только можно. Присоединяясь к молекуле, они нейтрализуют отрицательные заряды и добавляют положительные к нейтральным участкам. Это нарушает сбалансированную структуру. Химические свойства, которые были так тщательно определены, кардинально меняются, поскольку повсюду появляется больше положительных зарядов. Они расталкивают участки белковой молекулы, и белок денатурирует точно так же, как при нагреве. Денатурированные и развернутые белки могут затем взаимодействовать с другими белками и коагулировать точно так же, как при нагреве.

A

Аминокислота	Заряд при pH = 7	Аминокислота	Заряд при pH = 7
Аспарагиновая кислота (D)	–	Аланин (A)	гидрофобна
Глутаминовая кислота (E)	–	Глицин (G)	гидрофобна
Аргинин (R)	+	Валин (V)	гидрофобна
Лизин (K)	+	Лейцин (L)	гидрофобна
Гистидин (H)	гидрофильна	Изолейцин (I)	гидрофобна
Аспарагин (N)	гидрофильна	Пролин (P)	гидрофобна
Глутамин (Q)	гидрофильна	Фенилаланин (F)	гидрофобна
Серин (S)	гидрофильна	Метионин (M)	гидрофобна
Треонин (T)	гидрофильна	Триптофан (W)	гидрофобна
Тирозин (Y)	гидрофильна	Цистеин (C)	гидрофобна

B

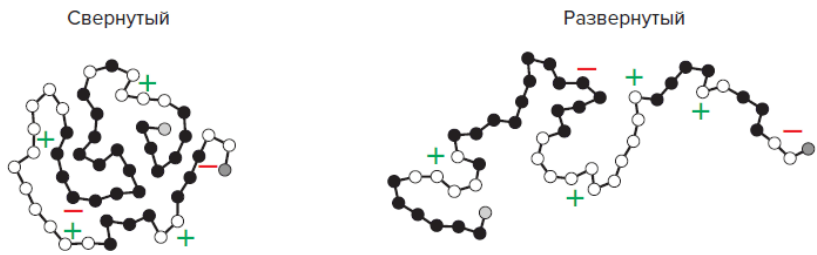


РИСУНОК 1 (A)

Все белки составлены из набора 20 различных аминокислот, приведенных в этой таблице с буквенными обозначениями каждой аминокислоты в скобках. Из этих 20 аминокислот две положительно заряжены и две – отрицательно. Остальные не заряжены, но обладают либо гидрофильностью, либо гидрофобностью.

(B) В необработанном свернутом белке (слева) гидрофобные аминокислоты обычно находятся в центре, вдали от воды (черные кружки), а заряженные и гидрофильные аминокислоты – на поверхности (белые кружки). Изменение pH эквивалентно добавлению множества положительных или отрицательных зарядов в виде дополнительных ионов H^+ или OH^-. Например, если вы понижаете pH, ионы H^+ будут присоединяться к различным участкам белка и делать его в целом более положительно заряженным. Так как все положительные заряды отталкиваются, это дестабилизирует белок, и он частично развернется. Тогда обнажившиеся аминокислоты будут взаимодействовать с другими аминокислотами этого же или другого белка. При этих изменениях белка невооруженным взглядом будут видны изменения цвета и текстуры продукта.

При готовке с щелочным pH возникает схожее явление,

только теперь заряд отклоняется в противоположную сторону. Положительных ионов водорода мало, так что белки будут терять положительные заряды и становиться в целом слишком отрицательными. Это точно так же дестабилизирует белок – и он распадается.

Взгляд на молекулярном уровне объясняет, почему приготовление с помощью тепла или pH оказывает на продукты схожее воздействие: в микроскопическом масштабе изменения не слишком различаются.

Вероятность денатурации белка зависит от того, насколько большой заряд вы сообщаете, а также от свойств приготавливаемого белка. На врезках показана pH-зависимость разворачивания белка для двух распространенных белков: альбумина (одного из основных составляющих яичного белка), который «приготавливается» в рецепте столетнего яйца, и рыбного миозина, белка, который денатурирует, когда мы готовим севиче и лютефиск.

Графики на рисунке 2 показывают, что происходит с результирующим зарядом белка при изменении pH. При нейтральном pH, когда большая часть белков находится в уравновешенном состоянии, заряд обычно близок к нулю. Часто, чтобы результирующий заряд изменился, приходится довольно сильно изменять pH, так как структура белка рассчитана на то, чтобы выдерживать некоторые флуктуации pH, не разваливаясь. В момент, когда pH станет слишком высоким или слишком низким, результирующий заряд кардинально изменится и можно увидеть изменения цвета и текстуры на макроскопическом уровне.

Давайте посмотрим, что эти графики могут рассказать нам про севиче. В естественном состоянии (при нейтральном pH = 7) рыбный миозин имеет приблизительно нейтральный заряд. Здесь он стабилен и свернут в свою функциональную структуру. Однако при pH = 2 заряд намного выше, и можно ожидать, что белок окажется очень нестабильным и денатурированным. В промежутке между этим значением и pH = 7, то есть при pH = 4, результирующий заряд находится где-то посередине. Эти точки действительно коррелируют с реальностью: лимонный сок (pH = 2) может «приготовить» севиче, а вот апельсиновый (pH = 3,5–4) не может: он недостаточно кислотен, чтобы повлиять на заряд. Точно так же раствор едкого натра в рецепте лютефиска имеет pH ≈ 13, то есть он очень щелочной. При pH = 13 рыбный миозин, в соответствии с нашей диаграммой, имеет результирующий заряд –27. Можно ожидать, что при таком pH рыба будет выглядеть готовой, что и происходит. В лютефиске белок не только денатурирует, но и начинает распадаться, что

способствует возникновению желеобразной текстуры. Научное объяснение этого явления мы дадим при обсуждении упругости в главе 5.

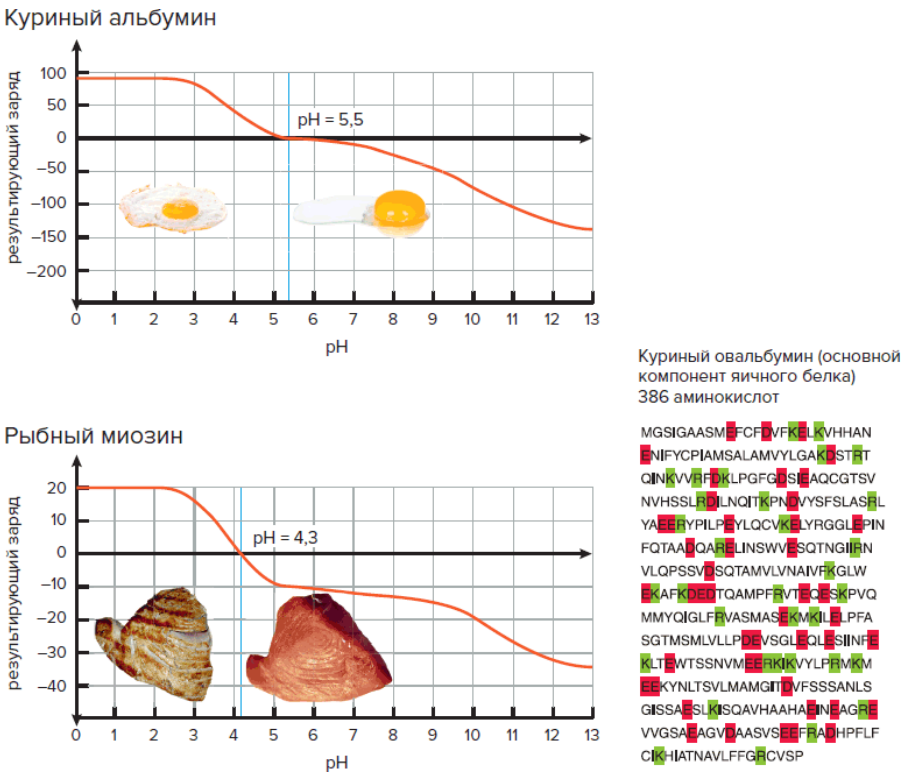


РИСУНОК 2

Слева: Верхний график показывает pH-зависимость куриного сывороточного альбумина, одного из основных белков в яйце. На нижнем графике – pH-зависимость рыбного миозина, основного белка рыбы. На обоих графиках представлен общий заряд белка при каждом pH. По мере увеличения pH у обоих белков возрастает отрицательный заряд. Когда результирующий заряд быстро изменяется в небольшом диапазоне значений pH (это происходит в районе pH 4 как для яичного, так и для рыбного белка), белки, вероятнее всего, претерпевают видимое преобразование.

Справа: Аминокислоты в белке обычно изображаются как длинная цепочка букв, где каждая буква соответствует какой-то аминокислоте. Здесь мы видим куриный альбумин, который состоит из 386 аминокислот. На рисунке аминокислоты с отрицательным зарядом, D и E (аспарагиновая и глутаминовая), красные, а аминокислоты с положительным зарядом, R и K (аргинин и лизин), зеленые. Хотя заряд имеют лишь немногие аминокислоты, они играют важную роль в свертывании и

функционировании белка.

Преобразования с pH и нагревом

Рикотта

Итальянский сыр рикотту обычно делают из сыворотки, оставшейся после изготовления других сыров: *um.* ricotta переводится как «снова сваренный». Однако в наши дни его часто готовят из молока. Что бы большинство людей ни думали, рикотту приготовить невероятно просто. Нагреваете молоко, добавляете немного уксуса или лимонного сока, ждете, чтобы молоко свернулось, сцеживаете жидкость… и вуаля – рикотта!

Вы, наверное, подумали: «Они что, правда сказали добавить в сыр *уксуса*?» Хотя вы могли уже немного привыкнуть к необычным ингредиентам, как для севиче или лютефиска (в конце концов, это блюда с весьма специфическим вкусом и текстурой), это кажется неуместным в таком продукте, как сыр. Кроме того, уксус сам по себе не слишком вкусен, и сыр со вкусом уксуса не кажется особо аппетитным.

Теоретически рикотту можно было бы приготовить с одним только уксусом, не применяя нагрев. Уксус действительно створожит молоко, поскольку его pH достаточно низок, чтобы значительно повлиять на результирующий заряд. Однако вкус получится ужасный. Теоретически можно створожить молоко и только за счет нагрева и вовсе не добавлять уксуса. Однако на практике вы не сможете сообщить молоку столько тепла, чтобы всё получилось: молоко – в основном вода, так что температура не поднимется выше 100 °C. Вам надо осторожно уравновесить эти два элемента: добавить ровно столько уксуса, чтобы молоко свернулось, и провести должное нагревание – но так, чтобы вкус не слишком изменился.

На молекулярном уровне многочисленные заряды от уксуса затапливают казеин и сывороточные белки молока и дестабилизируют их. Этой дестабилизации достаточно, чтобы даже небольшое количество тепла заставило их полностью распасться.

Добиться такого равновесия непросто. На самом деле, хотя приготовить какую-то рикотту относительно легко, сделать идеальную невероятно сложно. В рецепте показано, как вы можете поэкспериментировать с этим у себя на кухне. Слишком сильный нагрев – и белки переварены, вы получаете зернистую резиновую текстуру. Слишком слабый – и молоко плохо створаживается. Слишком много уксуса – и рикотта получается

кислой. Слишком мало – и створаживания вообще не происходит. В идеальном рецепте все эти факторы должны быть тщательно уравновешены, чтобы на выходе получился нежный, кремовый сыр.

РИКОТТА

Рикотта

Ингредиенты

8 стаканов (2 л) цельного молока

1 стакан (240 мл) жирных сливок

1/2 ч. л. (2,5 мл) соли

1/4 стакана (60 мл) лимонного сока или белого винного уксуса

Инструкции

1. В большой кастрюле нагрейте молоко, сливки и соль на слабом огне до 93 °C, регулярно помешивая, чтобы дно не пригорело. Снимите с огня.

2. Добавьте лимонный сок или уксус и энергично мешайте в течение нескольких секунд. Прекратите перемешивание и оставьте на 3–5 минут для створаживания. На этом этапе кастрюлю не трогайте. Чем дольше стоит смесь, тем крупнее будут зерна.

3. Выложите сито двойным слоем марли, оставив по краям большой запас материи. Поставьте сито в раковину или на большую миску и осторожно вылейте молочную смесь в сито. Оставьте стекать сколько хотите: 5 минут дадут мягкую рикотту, которую можно намазывать, а через 1 час получится гораздо более плотный сыр.

4. Переложите сыр в посуду для подачи и украсьте как хотите (солью, перцем, медом, розмарином…). (Жидкость, оставшаяся в миске, называется сывороткой. Ее можно вылить или использовать в смузи или других рецептах.)

Яйца пашот

Создание баланса между нагревом и pH может решать сложные кулинарные вопросы, такие, например, которые ставят яйца пашот. Их готовят, слегка отваривая разбитые яйца в слабо кипящей воде. Результат вкуснейший: белок нежный, а желток полужидкий. Однако хорошо приготовить яйца пашот, как

известно, очень непросто. Яйцо должно остаться единым сгустком, но как разбить его в кастрюлю с кипящей водой так, чтобы оно тут же не распалось в воде, превратившись в вареную яичную кашу? Нужно найти способ заставить сырое яйцо не растекаться достаточно долго, чтобы его наружная часть стала твердой от нагрева и удерживала внутреннюю во время варки.

В кулинарных книгах часто предлагаются разные решения этой задачи. Одно – закрутить кипяток ложкой, создав воронку, в которой варящееся яйцо не расплывется. Другое состоит в хитроумном использовании ингредиента с низким pH. Именно такую роль играет уксус, включенный в рецепт во врезке. Он заставляет наружную часть яйца свариться под воздействием кислоты и нагрева. Благодаря двойной атаке внешняя оболочка образуется относительно быстро – гораздо быстрее, чем это получилось бы при использовании одного только нагрева, – и это твердое покрытие удерживает яйцо, не давая растечься по кастрюле. Добавляя совсем немного уксуса, настолько мало, что вы его вкус даже не почувствуете, вы повышаете свои шансы на «идеальное» яйцо пашот.

ЯЙЦА ПАШОТ

Яйца пашот

Ингредиенты

8 стаканов (2 л) воды
2 ч. л. (10 мл) уксуса
4 крупных яйца

Инструкции

1. Смешайте воду и уксус в большом тяжелом сотейнике и доведите до слабого кипения на среднем огне.
2. Разбейте яйца в отдельные формочки или мисочки.
3. Шумовкой создайте в центре кастрюли небольшой водоворот. Осторожно вылейте яйцо в центр водоворота и оставьте вариться при слабом кипении, пока белок не станет плотным (2–3 минуты). Желток должен остаться жидким.
4. Выложите яйцо на бумажное полотенце шумовкой, чтобы обсушить его. Точно так же приготовьте оставшиеся яйца.

Преобразования с солью: вяление и соление

Мы уже видели, что происходит при готовке с pH: изменения были связаны с переизбытком или недостатком ионов водорода. А как насчет других зарядов? Например, поваренная соль состоит из одного положительного иона и одного отрицательного. Можно ли готовить с ее помощью? Рецепт столетнего яйца уже указывает на ответ: помимо едкого натра и чайного листа, мы добавляли в раствор соль. На самом деле, если у вас нет гидроксида натрия, можно приготовить нечто вроде столетнего яйца, используя только соль. Сама по себе соль оказывает воздействие, сходное с pH, потому что тоже изменяет результирующий заряд белков. Однако соль воздействует не только на белки, но и на клетки в целом, а это свойство в кулинарии крайне полезно. Рецепты в следующих врезках дают нам два примера: капустный салат коулслоу и джерки.

КОУЛСЛОУ

Коулслоу

Рецепт предоставлен Доминик Кренн и издательством Houghton Mifflin Harcourt

Ингредиенты

500 г тонко нарезанной краснокочанной и молодой белокочанной капусты

2 ч. л. соли

50 г крупно натертой моркови

Инструкции

1. В большой миске перемешайте капусту и морковь с солью. Оставьте на 10–15 минут.

2. Слейте жидкость.

3. Добавьте желаемую заправку (одинаково вкусно получается с майонезом и заправкой на яблочном сидре) и подавайте.

Когда вы даете посоленной капусте постоять, она начинает отдавать воду. Если наклоните миску спустя минут 15, увидите на дне немало жидкости. Произошло вот что: вода снаружи

клеток капусты намного солонее, чем внутри. На такой разнице в концентрациях основан природный процесс, называемый осмосом. Он заключается в том, что концентрация стремится к выравниванию, так что вода выходит из клеток, стремясь уменьшить концентрацию вне их. Как видите, в данном случае воздействие идет на все клетки, а не только на белки. В результате капуста кажется более хрустящей. Сливая жидкость на раннем этапе приготовления, вы останавливаете потерю сока капустой позже, когда коулслоу будет готов. Такой рецепт позволяет приготовить хрустящий и неводянистый салат.

МОРКОВНЫЕ ДЖЕРКИ ОТ ДОМИНИК КРЕНН

Морковные джерки

Ингредиенты

4 литра фильтрованной воды комнатной температуры
100 г гидроксида кальция (гашеной извести)
20 молодых морковок, вымытых и с обрезанной до 1,5 см ботвой
1475 г крупного сахарного песка
475 г коричневого сахара
485 г мелкой морской соли
210 г свежего корня имбиря, очистить
1 головка чеснока (зубчики очистить и слегка размять)
10 г истолченного черного перца
450 г крупной моркови
Кайенский перец
400 г кружочков апельсина (2–3 шт.)
10 горошин черного перца
32 г крахмала Pure-Cote[6]
300 г сиропа глюкозы

Инструкции

Не менее чем за 4,5 дня до подачи:

1. Подготовьте известковый раствор для вымачивания, смешав фильтрованную воду с гидроксидом кальция в большом тазу или кастрюле.

2. Вымачивайте молодую морковь в растворе 3 часа.

3. Тем временем смешайте 575 г сахарного песка с коричневым сахаром и 450 г мелкой морской соли в большом пакете с замком «зип-лок». Нарежьте кубиками 10 г очищенного имбиря. Положите имбирь, чеснок и растолченный черный перец

в пакет и энергично встряхните.

4. По окончании вымачивания моркови промойте ее в холодной воде и промокните бумажными полотенцами. Положите морковь в пакет с сахарной смесью и встряхните, чтобы она распределилась равномерно. Закройте пакет и оставьте при комнатной температуре на 72 часа. (Учтите, морковь даст сок из-за осмоса, так что смесь станет влажной.)

5. Вяленую морковь промойте прохладной водой и промокните бумажными полотенцами.

Не менее чем за 24 часа до подачи:

1. Очистите крупную морковь и выжмите из нее сок, сохранив мякоть для приготовления морковной пудры. (Сок в этом рецепте не понадобится: можете его выпить, использовать для какого-либо блюда или вылить.)

2. Высушите морковную мякоть.

В сушилке (дегидраторе). Застелите поддон сушилки ацетатной пленкой. Равномерно разложите по пленке морковную мякоть. Поместите поддон в сушилку, включите на 60 °C и сушите 24 часа, изредка перемешивая.

В духовке. Разогрейте духовку до 60 °C или ближайшей доступной температуры. Застелите противень с бортиками ацетатной пленкой. Равномерно разложите мякоть по пленке. Поставьте противень в духовку и отключите нагрев. Сушите морковную мякоть в закрытой духовке 24 часа.

3. Переложите высушенную морковную мякоть в мельницу для специй и смелите в мелкий порошок.

4. Взвесьте получившуюся морковную пудру, добавьте кайенский перец из расчета 0,1 % от веса пудры и тщательно перемешайте. Уберите в герметичный контейнер и оставьте при комнатной температуре.

Не менее чем за 14 часов до подачи:

1. Переложите вяленую морковь в большую жаропрочную емкость. Тонко нарежьте оставшиеся 200 г имбиря. Сложите имбирь в большую кастрюлю, добавьте нарезанный апельсин, оставшиеся 900 г сахарного песка, оставшиеся 35 г морской соли, горошины перца и 5 литров воды. Доведите до кипения на сильном огне. Залейте горячим рассолом морковь и дайте остыть до комнатной температуры. Накройте крышкой и оставьте на 12 часов при комнатной температуре.

2. Откиньте морковь на мелкое сито и вылейте рассол.

3. Сварите морковь.

В технике су-вид. Сложите морковь в пакет, запечатайте

вакуумным упаковщиком на мощности 99 %. Наполните большую кастрюлю водой на 3/4 и доведите до кипения на умеренном огне. Опустите в нее пакет и варите, пока морковь не станет мягкой (около 1 часа).

На плите. Налейте в кастрюлю среднего размера 2,5 см воды и доведите до слабого кипения. Установите в кастрюле решетку для варки на пару́ и выложите на решетку морковь. Готовьте на слабом огне, пока морковь не разварится внутри. Снаружи она будет казаться прежней благодаря оболочке, созданной вымачиванием в извести, но внутри станет мягкой как пюре.

4. Высушите морковь.

В сушилке (дегидраторе). Застелите поддон сушилки ацетатной пленкой. Равномерно разложите морковь по пленке. Поместите поддон в сушилку, включите ее на 60 ˚С и сушите морковь 45 минут, изредка переворачивая.

В духовке. Разогрейте духовку до 60 ˚С или ближайшей доступной температуры. Застелите противень с бортиками ацетатной пленкой и выложите на нее морковь. Поставьте в духовку и отключите нагрев. Оставьте морковь сушиться в закрытой духовке в течение 45 минут, изредка переворачивая.

5. Тем временем в небольшой кастрюле смешайте 100 г воды с крахмалом и 0,8 г кайенского перца и доведите до кипения на среднем огне. Добавьте сироп глюкозы и перемешивайте около 30 секунд, до полной однородности. Снимите с огня и оставьте при комнатной температуре.

6. Когда морковь высушится, оставьте ацетатную пленку на поддоне или противне. Обмажьте каждую морковь острым сиропом, а потом, не дожидаясь, когда он высохнет, посыпьте морковной пудрой и выложите на пленку.

7. Сушите морковь в сушилке или духовке при 60 ˚С около 25 минут, следуя тем же инструкциям.

Сферификация

Сферификация – очень своеобразное и гораздо менее традиционное использование зарядов в кулинарии. Этот поистине замечательный метод популяризовал шеф-повар Ферран Адриа, и он быстро был признан одной из основ модернистских кулинарных технологий. Сферифицированное блюдо имеет очень тонкую оболочку из геля, внутри которой находится жидкость. В рецепте во врезке жидким продуктом служит вкуснейший сок из зеленого горошка. Физические основы образования геля мы обсудим в следующей главе, а сначала давайте внимательнее рассмотрим ингредиенты. Вы сразу заметите, что здесь присутствуют два довольно необычных продукта: альгинат натрия и хлорид кальция.

СФЕРИЧЕСКИЕ ГОРОХОВЫЕ РАВИОЛИ ОТ ФЕРРАНА АДРИА

Сферические гороховые равиоли

Ингредиенты

Основа для гороховых равиоли (рецепт см. далее)
Ванна с хлоридом кальция (рецепт см. далее)
Хлопья молдонской соли
Очищенный зеленый горошек (рецепт см. далее)
Масло со свежей мятой (рецепт см. далее)
Шкварки из жира иберийского хамона (рецепт см. далее)
10 цветков гороха или свежих листьев мяты

Рецепт предоставлен Ферраном Адриа, фотография © F. Guillamet

Инструкции

1. Наполните полукруглую ложку (диаметром 3 см) основой для сферических равиоли. Отправьте в ванну с хлоридом кальция. Повторяйте, чтобы получить десять сфер (равиоли).

2. Оставьте равиоли в ванне на 2 минуты. Извлеките шумовкой и переложите в емкость с холодной водой.

3. Достаньте равиоли из воды шумовкой, давая воде стечь и стараясь не повредить сферы. Переложите каждую в китайскую

суповую ложку. Присыпьте каждую сферу небольшим количеством молдонской соли.

4. Приправьте очищенный зеленый горошек мятным маслом и солью по вкусу. Выложите в десять других китайских суповых ложек. В качестве украшения добавьте по две шкварки из жира иберийского хамона и цветок гороха.

5. Подавайте по одной ложке с равиоли и мятно-гороховым салатом на порцию.

Основа для гороховых равиоли

Ингредиенты

350 г замороженного зеленого горошка
375 г воды
2,4 г альгината натрия

Инструкции

1. Доведите воду до кипения.
2. Положите замороженный горошек в стационарный блендер, добавьте горячую воду и измельчите до полной однородности.
3. Процедите через мелкое сито. Отмерьте 500 г.
4. Смешивайте 150 г этого горохового сока с альгинатом натрия погружным блендером, пока не получится однородная смесь без комков.
5. Добавьте оставшиеся 350 г горохового сока и тщательно пробейте.
6. Процедите через мелкое сито и держите в холодильнике.

Ванна с хлоридом кальция

Ингредиенты

3,2 г хлорида кальция
500 г воды

Инструкции

1. Полностью растворите хлорид кальция в воде, используя погружной блендер.
2. Перелейте раствор в такую емкость, чтобы уровень жидкости составил примерно 5 см. Отставьте.

Очищенный зеленый горошек

Ингредиенты

80 г свежего зеленого горошка
Соль

Инструкции

1. В небольшой кастрюле доведите до кипения подсоленную воду. Всыпьте горошек и бланшируйте.
2. Откиньте на дуршлаг и ненадолго переместите в подсоленную ледяную воду.
3. Откиньте на дуршлаг и очистите. Держите в холодильнике.

Масло со свежей мятой

Ингредиенты

10 г свежих листьев мяты
20 г подсолнечного масла
Соль

Инструкции

1. Вскипятите воду в небольшой кастрюле. Положите в нее листья мяты и бланшируйте 10 секунд.
2. Откиньте на дуршлаг и освежите ледяной водой, потом промокни́те насухо бумажными полотенцами.
3. Поместите мяту и масло в блендер и измельчите до однородности.
4. Протрите массу через мелкое сито.
5. Попробуйте, посолите и уберите в холодильник.

Шкварки из жира иберийского хамона

Ингредиенты

30 г жира, срезанного с иберийского хамона

Инструкции

1. Удалите мясо и прогоркшие участки жира. Нарежьте кубиками со стороной около 0,5 см.
2. На сковороде поджарьте кубики жира до хруста.
3. Переложите на бумажное полотенце, чтобы удалить излишки жира. Отставьте в сторону.

* * *

Хлорид кальция – соль, а альгинат натрия – углеводный полимер, который представляет собой длинную цепочку молекул сахара и производится из морских водорослей. Главная характеристика молекул альгинатов – их отрицательный заряд, то есть они отталкиваются друг от друга. Если мы намерены получить гель, это довольно проблематично: нам нужно, чтобы полимеры скреплялись, а не отталкивались друг от друга. Как этого добиться? Можно было бы попробовать добавить положительные заряды, используя поваренную соль, которая состоит из положительно заряженных ионов натрия и отрицательно заряженных ионов хлора. Попав в раствор альгината в воде, ионы разделятся, и положительные прикрепятся к полимерным цепочкам и нейтрализуют их. В результате они станут отталкиваться друг от друга менее активно, чем раньше, но, скорее всего, легко скрепляться друг с другом не будут.

Оказывается, есть очень простой способ заставить полимеры сцепиться. Просто добавьте другую соль – такую, у которой не один заряд, а два. Соль с двумя зарядами может одним зарядом нейтрализовать отрицательный заряд на одной молекуле альгината, а с помощью второго прикрепиться к другой молекуле. В результате два альгинатных полимера окажутся сцепленными. Можно представить молекулу соли как человека с двумя руками, который взял за руки еще двух человек, сведя их вместе.

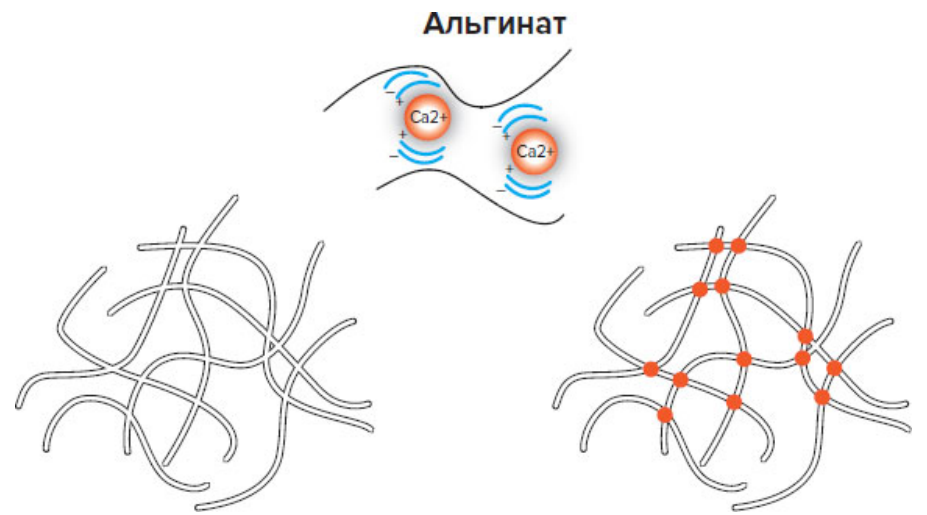


РИСУНОК 3

Вверху: Ионы кальция имеют два положительных заряда, что позволяет им сцепляться с отрицательными зарядами разных молекул альгинатного полимера, скрепляя два полимера друг с другом.

Внизу: Альгинатные полимеры (светлые линии) остаются

гибкими, но структура в целом скреплена связями кальций – альгинат (оранжевые точки), создающими гель. Ионы кальция используются с альгинатами чаще всего, но теоретически подошел бы любой ион с двумя положительными зарядами.

В данном случае мы добавляем хлорид кальция, где кальций имеет два положительных заряда, – и альгинатные полимеры связываются в сеть. Невооруженным взглядом эти сеть и связи не видны, но результат заметен: жидкость превратилась в плотный гель. Теоретически это похоже на то, как яйцо превращается из жидкости в плотный гель благодаря связям между молекулами белка. Мы вернемся к рецепту сферификации в следующей главе, потому что он сможет проиллюстрировать еще одно важное научное понятие.

Превращения с помощью ферментов

Пока мы говорили о белках в контексте денатурации и изменения внешнего вида и текстуры продуктов, будь то при нагревании или с помощью других средств. В этих примерах белки реагировали на изменения окружающей их среды. Однако они могут также стать фактором, который вызывает изменения. Белки способны творить с продуктами то, чего иным путем просто не добиться.

Белки бывают самых разных видов и форм. Некоторые из них обладают способностью разрушать другие молекулы, а некоторые могут их скреплять. Мы называем такие белки ферментами или энзимами. Ферменты не просто способны расщеплять или связывать, они к тому же делают это очень быстро, ускоряя реакции, которые иначе шли бы намного дольше. Так, именно ферменты помогают нам переваривать съеденную пищу, расщепляя ее молекулы и в итоге высвобождая энергию, необходимую нам для жизни. На самом деле ферменты невероятно важны для всех живых организмов, так как выполняют очень важную работу: разрушают и строят молекулы в клетках.

До этого момента мы обсуждали приготовление пищи как способ деактивировать белки и сделать их неработающими. Мы узнали про уничтожение микробов в продуктах с помощью пастеризации, которая заставляет белки разворачиваться и коагулировать. Однако в кулинарии бывают такие моменты, когда нам нужно, чтобы белки работали именно так, как это бывает в живом организме, и можно было изменить продукт полезным способом. Вспомним из главы 1 два способа изменения пищи: мы можем трансформировать ее текстуру, можем трансформировать вкус и запах. Затем в главе 2 мы показали, что нагрев способен сделать и то и другое: он может изменить текстуру, заставив яичные белки развернуться, и может изменить вкус и аромат за счет карамелизации и реакции Майяра.

Работающие белки тоже могут делать и то и другое. Создающие вкус и аромат белки расщепляют крупные молекулы на мелкие (как и при нагреве) и дают новые вкусоароматические сочетания. Это настолько интересный процесс, что мы посвятим всю главу 7 обсуждению поразительных букетов, которые можно получать за счет ферментации.

Здесь мы в основном сосредоточимся на двух вариантах того, как белки могут воздействовать на текстуру продуктов: они могут либо разрывать молекулы, либо сшивать их друг с другом. Как вы понимаете, организму часто нужно делать и то и другое.

Переваривание пищи требует расщепления молекул. Заживление раны – их сшивания. Эти функции выполняют особые белки, которые также можно использовать в кулинарии.

РИСУНОК 4

Ренин, также называемый химозином или сычужным ферментом, позволяет юным млекопитающим переваривать молоко. Он также является необходимым компонентом сыроварения, где его функция заключается в том, чтобы отсечь часть казеинового белка. Казеин – основной белок молока, и в естественном состоянии он существует в виде мелких взвешенных структур – мицелл. Целостность мицелл в основном обеспечивают отрицательные заряды на молекулах казеина, которые распределяются по поверхности на максимальном удалении друг от друга, стабилизируя тем самым шарообразные мицеллы. Когда ренин удаляет отрицательный заряд, мицелла распадается и казеин частично коагулирует в более крупные сгустки, которые захватывают молекулы жира и в конце концов становятся слишком крупными, чтобы оставаться во взвешенном состоянии. Невооруженным глазом это воспринимается как створаживание, то есть молоко разделяется на сгусток (калье) и сыворотку. Поскольку получать сычужный фермент от молодых телят сложно, а выход его невелик, в большинстве производств сыр сейчас изготавливают с помощью полученного путем ферментации химозина, выделяемого бактериями, грибами или дрожжами, в геном которых добавлен ген, отвечающий за производство ренина. Полученный белок затем отделяют, так что в конечном продукте модифицированных микробных ДНК не остается.

Разрезающие белки: ренин, песто и пектиназа

Ренин

Многие люди едят сыр каждый день, но многим ли известно, что в большинстве случаев для изготовления сыра необходим фермент, называемый ренином? Вспомните: в нашем рецепте рикотты мы добавляли лимонный сок, чтобы молоко створожилось. Положительные заряды лимонного сока нейтрализовали белки казеина, заставляя его кластеры распадаться. Ренин действует сходным путем. Он разрывает одну из связей в молекуле казеина таким образом, что отрицательный заряд исчезает, что заставляет кластеры казеина распадаться и коагулировать. Это первый этап производства сыра. Дальше можно изготовить самые разнообразные сыры.

Песто

В кулинарии мы порой приветствуем действие ферментов, а иногда они нам ни к чему. Вы когда-нибудь готовили песто? Видели, как ярко-зеленые измельченные листья буреют, становясь неаппетитными? Как можно этого избежать? Или, говоря о том же, как не позволить нарезанным яблокам, бананам или авокадо измениться точно таким же образом?

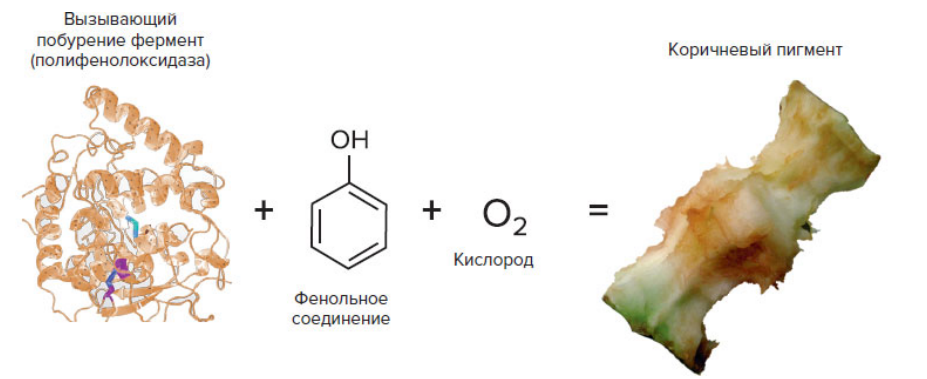
Во всех этих случаях потемнение вызывают особые ферменты. В норме во фруктах и овощах эти ферменты находятся в отдельных компартментах (участках) клетки. Когда вы отрезаете или откусываете кусок, ферменты высвобождаются и контактируют с другими молекулами, а также с кислородом. В результате появляются крупные коричневые соединения, видимые невооруженным глазом: мы воспринимаем это как неаппетитное потемнение. Обычно эти ферменты и молекулы находятся в разных компартментах клетки без доступа кислорода и не реагируют друг с другом.

ПЕСТО И ДЕНАТУРАЦИЯ БЕЛКОВ

Знать, как устроить сбой в работе белков, бывает полезно – например, при готовке песто. Песто – это соус из мелко нарубленных листьев базилика, кедровых орешков, сыра и

чеснока, которые смешиваются с оливковым маслом и солью. Проблема в том, что базилик – один из основных ингредиентов – при повреждениях быстро буреет. В результате песто из насыщенно-зеленого вскоре становится неопрятно-бурым. Побурение вызвано ферментом полифенолоксидазой, который в присутствии кислорода вступает в реакцию с фенольными соединениями. В норме фермент и фенольные соединения в клетках разъединены, так что реакция спонтанно начаться не может. А вот при нарезании листьев клетки разрушаются, молекулы смешиваются и вступают в контакт с кислородом.

К счастью, есть несколько способов предотвратить этот неприятный поворот событий. Ферменты – это белки, а значит, многое из того, что мы узнали о белках, относится и к ферментам. Как и другие белки, они имеют характерную трехмерную структуру. Благодаря ей они могут соединяться только с определенными молекулами, что позволяет им ускорять конкретные химические реакции. Как и в случае с другими белками, эта структура легко нарушается в присутствии нагрева, соли или сильных изменений pH. Когда это происходит, фермент перестает работать.



Так как же предотвратить побурение песто? Попробуйте добавить лимонный сок или аскорбиновую кислоту: эти вещества понижают pH, и фермент остается неактивированным. Можно также ненадолго нагреть листья базилика бланшировкой, что денатурирует фермент и выведет его из строя.

Пектиназа

Мы уже показывали, как ферменты используются в обычных, повседневных продуктах. Благодаря своим волшебным свойствам они становятся идеальными инструментами для поваров, стремящихся раздвинуть рамки высокой кухни. Один из примеров дала нам творческая команда Mugaritz, ресторана на севере Страны Басков в Испании, возглавляемая шефом Андони Адурисом.

Команда Mugaritz прославилась тем, что придумала, как использовать пектиназу для создания совершенно новых блюд. Пектиназа – это группа ферментов, расщепляющих пектин. Пектин вам, вероятно, знаком по рецептам джемов и желе, как ингредиент, желирующий фрукты. В природе пектин находится между клетками и в стенках клеток растений, где существует в виде длинных углеводных цепочек, скрепляющих клетки друг с другом. Когда фрукт или овощ созревает, пектин расщепляется группой ферментов, которые носят обобщенное название «пектиназа», и клетки отделяются друг от друга. Это делает фрукты мягкими. Чем спелее плод, тем он мягче: в конце концов он становится таким нежным и мягким, как будто его сварили.

Зная это, команда Mugaritz задалась вопросом: а что, если взять, скажем, сырое яблоко и ввести в него пектиназу? Пектиназа размягчит текстуру, но вкус и аромат не изменятся, так ведь? Вы получите совершенно новый вид яблока: с текстурой приготовленного, но кислое и со свежим ароматом. Представьте себе, как вы удивитесь, если вам подадут яблоко, которое выглядит сморщенным, мягким и коричневым, как печеное, но, попробовав, вы обнаружите, что оно кисловатое и свежее, как сырое.

В ресторане Mugaritz эту технологию применили и к другим продуктам. Они проделывают то же самое с сырым луком, приготавливая его с помощью пектиназы так, что он становится мягким и выглядит как вареный, оставаясь при этом совершенно сырым. По правде сказать, даже неприятный запах изо рта, который дает сырой лук, остается с нами. Перед подачей лук глазируют вкуснейшим говяжьим бульоном, создавая современную версию традиционного французского лукового супа.

ПЕКТИНАЗНОЕ ЯБЛОКО ОТ MUGARITZ

Яблоко Mugaritz

Ингредиенты
5 г пектиназы
25 г воды
1 красное яблоко
Соль

Инструкции
1. Растворите пектиназу в воде.
2. Иглой сделайте на яблоке 6–7 проколов.
3. Положите яблоко в вакуумный пакет, добавьте раствор пектиназы и вакуумируйте при среднем давлении.
4. Оставьте пектиназу размягчать яблоко в течение 12 часов в холодильнике.
5. Вскройте пакет и острым ножом очень осторожно разрежьте яблоко на четыре части.
6. Подавайте каждую порцию со щепоткой соли.

В этом рецепте от ресторана Mugaritz пектиназа используется для разрушения пектина в яблоке. Так как у ферментов мишени очень определенные, то разрушается исключительно пектин. Вкус и аромат сырого яблока сохраняются. Разрушение пектина сопровождается разрушением его клеточных стенок, и полифенолоксидаза контактирует с кислородом, вызывая побурение.

Рецепт предоставлен рестораном Mugaritz, фотография Хосе Луиса Лопеса де Зубириа

Белки, работающие клеем: трансглутаминаза

Все описанные ранее белки работают, разрушая связи между молекулами. Однако ферменты могут также скреплять молекулы друг с другом, и это бывает не менее полезно в кулинарии. Один из самых удивительных ферментов такого типа – трансглутаминаза.

Если вам приходилось есть имитацию крабового мяса – сурими, вы, скорее всего, сталкивались с трансглутаминазой. Это ингредиент, который скрепляет в единое целое рыбную пасту, крахмал и ароматизаторы, создавая текстуру, похожую на настоящее мясо краба. Трансглутаминазу часто называют мясным клеем из-за ее поразительной способности скреплять между собой кусочки мяса. Такое название заставляет думать, что это нечто искусственное, но на самом деле трансглутаминаза – природное вещество, которое можно обнаружить в растениях, животных и даже в людях. Для кулинарных целей ее собирают с помощью некой почвенной бактерии: эту технологию изобрела компания Ajinomoto.

Крабовые палочки – не слишком гламурное использование трансглутаминазы, однако опытный повар с помощью этого фермента способен творить чудеса. Одним из таких новаторов стал шеф Уайли Дюфрейн. Его ресторан wd~50 в Нью-Йорке к настоящему моменту закрылся, однако он много лет был оплотом гастрономии и удостоился многочисленных наград. В наследство от него осталось множество созданных Уайли замечательных блюд, в некоторых из них творчески применяется трансглутаминаза.

Представьте себе, что вы решили приготовить лапшу из креветок. Вы перемалываете креветок в пасту, однако паста не желает слипаться в лапшу. Тогда вы добавляете какой-нибудь связывающий ингредиент – скажем, яйца или муку. Однако вы разбавили вкус. Лапша получилась невыразительная, так что теперь ее даже не назовешь креветочной. Что же делать? Ответ дает трансглутаминаза. Добавьте ее в креветочную пасту – и получите идеальную лапшу с насыщенным, неразбавленным вкусом креветок. Именно так и сделал Уайли. В итоге блюдо имеет привычную форму лапши, но совершенно беспрецедентный вкус и запах креветок.

Можно пойти еще дальше. Хотите создать новый продукт, соединив куски рыбы и мяса и получив удивительную,

оригинальную текстуру? Используйте трансглутаминазу. Хотите подать какие-то очень дорогие куски необычного мяса, ни один обрезок которого не должен пропасть? Заставьте их склеиться в один великолепный огромный стейк с помощью этого волшебного фермента.

Как это работает? Называть трансглутаминазу «клеем» неправильно. Это вовсе не клей, а белок, такой же, как и другие. Он творит волшебство благодаря способности связывать или соединять друг с другом две различные аминокислоты. Один вид аминокислоты одного куска мяса соединяется с другим видом аминокислоты другого куска. Таких связей миллионы, так что мясо будет скреплено целиком. Более того, это прочные ковалентные связи, то есть они не разрушаются при готовке мяса. Не важно, нравится ли вам сама идея съесть этот фермент: надеемся, вы согласитесь с тем, что это весьма хитроумный кулинарный прием.

КРЕВЕТОЧНАЯ ЛАПША ОТ УАЙЛИ ДЮФРЕЙНА

Креветочная лапша с копченым йогуртом и пудрой нори

Ингредиенты

Креветочная лапша (рецепт см. далее)
15 г сливочного масла
Креветочное масло (рецепт см. далее)
Копченый йогурт (рецепт см. далее)
Креветочные крекеры (рецепт см. далее)
Пудра нори (рецепт см. далее)

Инструкции

1. В небольшой глубокой сковороде подогрейте лапшу со сливочным маслом и капелькой креветочного масла и воды, перемешивая и встряхивая по мере необходимости.

2. Для подачи нанесите на тарелку мазок копченого йогурта и выложите полную ложку теплой лапши и креветочные крекеры. Посыпьте пудрой нори.

Рецепт предоставлен Уайли Дюфейном и издательством HarperCollins Publishers, фотография Ерика Медскера

Креветочная лапша

Ингредиенты

250 г очищенных креветок
0,5 г трансглутаминазы (Activa RM)
3 г нейодированной соли
0,15 г кайенского перца
Креветочное масло (рецепт см. далее)

Инструкции

1. В кухонном комбайне измельчите в пасту креветки, трансглутаминазу, соль и кайенский перец.
2. Протрите смесь через крупное сито, а потом переложите в кондитерский мешок.
3. Нагрейте водяную баню до 58 °C и выключите ее.
4. Наполните креветочной массой машинку для лапши и выдавите лапшу в водяную баню. Готовьте 2 минуты (тепло «включает» фермент).
5. Ножницами нарежьте лапшу до длины спагетти и остудите в ледяной бане.
6. Откиньте лапшу на дуршлаг и разделите. Приправьте креветочным маслом и выложите на пергаментную бумагу, сбрызнутую кулинарным спреем.

Креветочное масло

Ингредиенты

200 г масла из виноградных косточек
60 г нарезанного кубиками репчатого лука
60 г нарезанной кубиками моркови
60 г нарезанного кубиками сельдерея
10 г томатной пасты
2 веточки эстрагона
60 г сухого белого вина или сухого саке
400 г мелко порубленных креветочных панцирей

Инструкции

1. В большой кастрюле на умеренном огне нагрейте примерно 1 столовую ложку масла. Положите лук, морковь и сельдерей и пассеруйте до мягкости.

2. Добавьте томатную пасту, эстрагон и вино и тушите, помешивая, пока овощи не станут нежными, а спирт не выпарится (около 10 минут). Добавьте панцири креветок и оставшееся масло.

3. Доведите смесь примерно до 93 °C и накройте кастрюлю. Снимите с огня и оставьте при комнатной температуре на 3 часа, а потом уберите в холодильник на ночь.

4. На следующий день разогрейте и процедите смесь через марлю или бумажный фильтр, чтобы собрать креветочное масло.

Копченый йогурт

Ингредиенты

225 натурального греческого йогурта
3 г сладкой паприки
Нейодированная соль

Инструкции

1. Распределите йогурт по дну формы для выпечки и поместите в коптильню поверх второй формы, заполненной льдом. Коптите 3 минуты.

2. В миске среднего размера смешайте йогурт, паприку и соль. Оставьте на 1 час, чтобы вкусы и ароматы раскрылись.

Креветочные крекеры

Ингредиенты

Растительное масло с нейтральным вкусом для фритюра
5 креветочных крекеров (неприготовленных, нераздувшихся)
Томатный порошок
Нейодированная соль

Инструкции

1. В глубокой посуде нагрейте 7,5 см масла до 190 °C.

2. Крупно растолките несколько крекеров в ступке. Жарьте во фритюре, пока они не раздуются (около 1 минуты). Обсушите на бумажных полотенцах, посыпьте томатным порошком и чуть посолите.

Пудра нори

Ингредиенты

2 листа нори для суши

Инструкции

1. Сушите нори в сушилке (дегидраторе) при 68 °C в течение 3 часов или всю ночь в духовке с включенной лампочкой.

2. Измельчите в тонкий порошок.

Фермент трансглутаминаза создает прочные связи между двумя определенными аминокислотами: глутамином и лизином. В зависимости от вида мяса глутамин составляет до 33 % всего белкового компонента, и лизина тоже немало: 8–10 %. Это значит, что у фермента много материала для работы. Уайли Дюфрейн прославился своими экспериментами с трансглутаминазой: он создал новые блюда из самых разных белков. Креветочная лапша – одна из его визитных карточек. Обычно для завершения реакции требуются сутки, но процесс можно ускорить, опустив лапшу в разогретую до 58 °C водяную баню.

4
Диффузия

Готовить на огне сложно – во многом из-за бескомпромиссного движения тепла через продукты.

Гарольд Макги

Как мы уже увидели, продукты можно готовить различными способами, но все они приводят к многочисленным вариантам фазовых превращений. Мы узнали, что печенье и стейк приобретают свою роскошную текстуру за счет нагрева, севиче приготавливается, поглощая кислоту, а паста – впитывая воду. Несмотря на очевидные различия, все эти блюда тем не менее объединяет одна базовая характеристика, лежащая в основе их рецептов. Можете догадаться, что же это? Севиче имеет белый «приготовленный» наружный слой и розовую сырую серединку. Стейк обычно подрумянен снаружи, но совсем другой внутри, в диапазоне от мяса с кровью до хорошо прожаренного, в зависимости от времени приготовления. Даже паста, если присмотреться, обычно имеет твердую серединку, окруженную более мягким тестом – по крайней мере, если она приготовлена аль денте.

Мы видим, что в каждом из этих блюд что-то произошло снаружи, но это что-то не произошло внутри (пока). В каждом случае некий элемент проникает в продукт снаружи, изменяя текстуру, а порой еще цвет, вкус и запах. В случае со стейком этот элемент, ясное дело, тепло. Тепло приготавливает наружную часть мяса, однако центр остается по большей части сырым. В случае севиче этим элементом является лимонный сок: кислотность сока придает рыбе приготовленный вид. В случае с пастой работает вода. Когда вы варите спагетти, вода медленно меняет твердое тесто пасты, придавая ему желеобразную текстуру, а сердцевина обычно остается еще недоваренной. Но каков же механизм, за счет которого эти разнообразные элементы – тепло, лимонный сок и вода – попадают внутрь продукта? Несмотря на всю их непохожесть, это происходит за счет одного и того же процесса – процесса, который настолько распространен и важен для кулинарии, что проявляется в самых разнообразных рецептах. Управление этим процессом – ключ к успешной

реализации рецепта, и умелый повар умело им распоряжается. Без полного контроля над ним паста расползается, стейк оказывается пережаренным, а растопленный шоколад внутри кекса застывает.

Так что же это за таинственный процесс?

Диффузия невооруженным глазом

Научное название этого важнейшего процесса – *диффузия*. Когда что-то диффундирует, невооруженным глазом можно наблюдать только результаты, но не сам процесс. Вы увидите изменения текстуры и цвета, вызванные нагревом или лимонным соком, а со временем сможете наблюдать, что эти изменения проникают все глубже и глубже внутрь продукта.

Вот пример того, как это может выглядеть. Вспомните рецепт рикотты, который мы рассмотрели в главе 3. В этом рецепте мы выяснили, что добавление уксуса или лимонного сока и нагрев до 93 °C заставляет молоко створожиться, то есть белки молока коагулируют. Что, если бы мы могли включить зум и посмотреть, что происходит? На рисунке 1 именно это и показано. Помещая на предметном стекле рядом каплю молока и каплю уксуса и наблюдая за их смешиванием, мы, по сути, готовим крошечную порцию рикотты.

Если бы вы могли посмотреть в микроскоп до того, как капли смешались, то увидели бы, что в молоке содержится множество крошечных капель, которые непредсказуемо перемещаются во все стороны. Это шарики жира. На самом деле тот факт, что они двигаются, – само по себе удивительное открытие: кто бы мог подумать, что составные части молока вот так дергаются? На самом деле все частицы в растворе двигаются. Это называется броуновским движением – и, как мы увидим, это явление невероятно важно для данной главы.

На следующем этапе молоко и уксус смешиваются. Представьте, что продолжаете смотреть в микроскоп на дергающиеся шарики жира в молоке. Когда капли начнут смешиваться, вы увидите, как уксус врывается в поле зрения с одной стороны, а когда он продолжит распространяться внутрь, движение внезапно прекратится! Когда уксус добирается до молока, оно становится совершенно неподвижным. По мере того как по молоку будет распространяться все больше уксуса, все более обширная область под микроскопом станет прекращать движение. То, что вы только что «видели», и есть понятие диффузии. По мере своего продвижения уксус заставляет белки молока разворачиваться и формировать новые связи. Двигавшиеся шарики жира были пойманы этой белковой сетью, которая их остановила. Мы создали гель – и вы наблюдали за процессом.

Когда вы думаете о приготовлении шоколадного кекса с текучей серединкой, стейка, пасты или сферифицированного

горохового сока, вам следует воображать сходный процесс диффузии. Диффундирующий элемент поступает в продукт, и по мере его проникновения вглубь подвергшаяся воздействию область растет. В шоколадном кексе, стейке и сферифицированном гороховом соке диффузия оставляет за собой более твердое вещество; для пасты основной принцип тот же, но материал, наоборот, становится мягче, поскольку в него диффундирует сама вода.

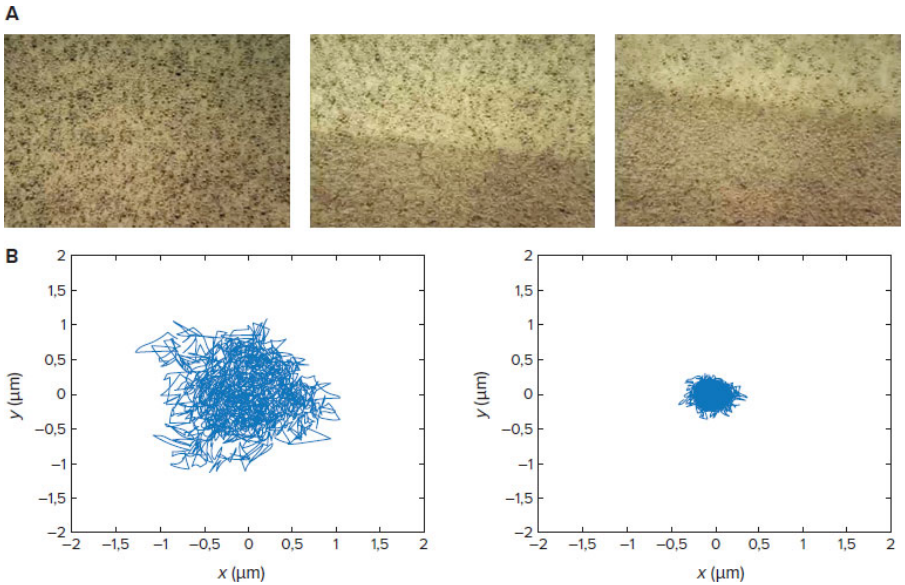


РИСУНОК 1

Процесс смешивания уксуса с молоком на предметном стекле под микроскопом. **(A) Слева:** Одно только молоко; все капельки жира двигаются. **Центр:** Уксусный фронт начал подступать снизу, оставляя после себя область, которая выглядит неподвижной. Двигается только верхняя область с молоком. **Справа:** Уксус прошел почти всюду, и вся нижняя часть неподвижна.

(B) Слева: движение одной капельки жира в **(A)** до загустения смеси. Линия отслеживает центр капельки жира, показывая, что она перемещается по большой площади произвольным образом. **Справа:** Движение капельки жира после загустения смеси. Капелька по-прежнему перемещается произвольно, но в гораздо более ограниченном пространстве.

Верхние изображения Даниэля Розенберга, нижние – Хелен Ву

Диффузия и случайное блуждание

Давайте посмотрим на все при еще большем увеличении. Как процесс диффузии выглядит на молекулярном уровне? Как именно лимонный сок, тепло или другие диффундирующие элементы двигаются сквозь продукты?

При большом увеличении вы увидите, что суть диффузии – случайное движение молекул. Все молекулы обладают внутренней энергией, которая заставляет их слегка подергиваться. Когда температура повышается, молекулы дергаются сильнее, а когда падает – слабее. При этом каждую молекулу пихают окружающие молекулы, которые также двигаются. Таким образом, каждую молекулу случайным образом толкают во все стороны. И действительно, в предыдущем эксперименте именно это движение заставляло шарики жира двигаться в молоке, пока уксус не развернул белки и не остановил перемещение молекул, создав рикотту.

Спустя какое-то время в результате этого подергивания молекула отходит на какое-то расстояние от своего первоначального места. Вам это кажется странным? Представьте себе, будто стоите в центре очень большой толпы. Люди вокруг случайно толкают вас в разные стороны. Со временем вы сдвинетесь на какое-то расстояние, даже не прилагая к этому усилий и не заметив этого. Нечто похожее наблюдается и с молекулами. Говоря научным языком, происходит «случайное блуждание» молекулы.

История случайного блуждания: Пирсон, Эйнштейн и Башелье

Понятие случайного блуждания в научную литературу первым ввел знаменитый статистик Карл Пирсон. Он сформулировал его в письме в журнал Nature в 1905 году. Тогда, как и сейчас, Nature был одним из крупнейших научных журналов. В то время в публикуемых в нем статьях допускалось задавать вопросы, а не предлагать ответы, как это принято сейчас. Пирсон описал прогулку пьяницы (предположим, что человек подбрасывает монетку; если выпадает орел, человек делает шаг вправо, а если решка – то влево), назвав процесс непредсказуемого перемещения вправо или влево случайным блужданием, и попросил читателей журнала помочь ему с математическим описанием этого процесса.

Пирсон и не подозревал, что на этот вопрос уже ответили, и не один человек, а двое – и совершенно независимо друг от друга.

Первым ответившим был молодой человек, которого звали Альбертом Эйнштейном. Вероятно, вы уже о нем слышали – его обычно вспоминают как изобретателя какой-то непонятной физики, – но, пожалуй, самой важной его работой была статья о случайном блуждании. (И уж точно это его единственная статья, которая важна для кулинарии, по крайней мере пока людям не понадобится понять, как испечь шоколадный кекс внутри черной дыры!) В статье от 1904 года «О движении взвешенных в покоящейся жидкости частиц, требуемом молекулярной теорией теплоты» Эйнштейн предложил нечто очень близкое к процессу, который мы только что описали, говоря о приготовлении рикотты на предметном стекле микроскопа. Однако, вместо того чтобы добавлять уксус, Эйнштейн просто изучал молоко. Вспомните, как шарики молочного жира беспорядочно двигались под микроскопом до добавления уксуса. Эйнштейн отметил, что причина движения шариков жира в том, что на них налетают другие молекулы молока. И спросил себя, какими могут быть характеристики этого процесса.

Если задуматься, этот процесс очень похож на случайное блуждание, описанное Пирсоном. Действительно, представьте себе шарик жира, окруженный другими молекулами и шариками. Иногда молекулы справа оттолкнут этот шарик влево, а иногда молекулы слева оттолкнут его вправо. Шарик жира будут случайно толкать в обе стороны. В своей статье Эйнштейн дал математическое описание этого поведения, основную формулу

которого мы вскоре введем.

О втором человеке, ответившем на вопрос Пирсона, вы, вероятно не слышали: это Луи Башелье, который в тот момент тоже был молод. Башелье, ученик великого математика Анри Пуанкаре, заинтересовался совершенно иным явлением, а именно движением курса акций. Он захотел создать модель, математическое описание того, как курсы акций изменяются со временем. Если вы выберете какие-либо акции и понаблюдаете за ними, то увидите, что в зависимости от различных случайных факторов иногда их курс поднимается, а иногда – опускается. На первый взгляд это тоже случайное блуждание, и, действительно, именно такой была гипотеза Башелье. Сейчас нам известно, что изменение курса акций несколько сложнее, но тем не менее выведенная им формула была математическим описанием, идентичным тому, которое предложил Эйнштейн.

Уравнение диффузии

В итоге Пирсон, Башелье и Эйнштейн создали математическое уравнение, которое описывает диффузию. До сих пор в этой книге мы воздерживались от демонстрации уравнений, однако оно настолько важно для кулинарии, что мы обязаны им поделиться. Возможно, нам даже удастся убедить вас им пользоваться. Это уравнение позволяет рассчитать расстояние, пройденное фронтом диффузии, как функцию времени. Короче, вот оно:

$$L^2 = 4Dt$$

Здесь L – это расстояние, пройденное фронтом диффузии, а t – время с момента начала его движения. D называется коэффициентом диффузии, и он разный для различных материалов. Коэффициент диффузии для воды отличается от коэффициента для тепла, а он, в свою очередь, не тот, что коэффициент диффузии для лимонного сока. На рисунке 2 приведены величины коэффициента диффузии тепла. Как видите, эти продукты имеют очень сходные коэффициенты диффузии, и все они очень близки к диффузии тепла в воде, которая имеет $D = 0{,}0014$ см^2/сек. Дело в том, что, как вы, возможно, помните, бóльшая часть продуктов состоит главным образом из воды. Таким образом, наше уравнение демонстрирует удивительный факт: существует всеобщий закон распространения тепла по пищевым продуктам, и он *един для всех продуктов*. Представьте себе.

Что это значит? Чтобы разобраться, давайте испытаем наше уравнение в эксперименте – приготовим шоколадный кекс с текучей серединкой. Рецепт говорит, что нужно сделать тесто, вылить его в формочку, а потом выпекать около 12 минут.

Продукт	Коэффициент диффузии (×10⁻³ см²/сек)
Говядина	1,35
Курица (белое мясо)	1,36
Курица (темное мясо)	1,28
Рыба	1,09
Яблоко	1,12
Клубника	1,27
Горошек	1,82
Картофель	1,23
Вода	1,4

РИСУНОК 2

Коэффициенты диффузии для различных продуктов немного различаются, что зависит от их состава, но все они очень близки к воде.

ШОКОЛАДНЫЙ КЕКС С ТЕКУЧЕЙ СЕРЕДИНКОЙ

Шоколадный кекс с текучей серединкой

Ингредиенты

130 г крошки темного шоколада
120 г сливочного масла
2 яйца плюс 2 желтка
100 г сахара
60 г пшеничной муки
Щепотка соли

Инструкции

1. Разогрейте духовку до 175 °C. Сбрызните восемь рамекинов антипригарным кулинарным спреем.
2. В маленьком сотейнике растопите масло и шоколад на слабом огне, постоянно помешивая.
3. В миске среднего размера слегка взбейте яйца, желтки и сахар.
4. В другой миске смешайте муку и соль.
5. Медленно добавляйте шоколадную смесь к яичной, непрерывно мешая венчиком.

6. Понемногу добавьте во влажные ингредиенты мучную смесь и тщательно перемешайте. Проследите, чтобы мука полностью разошлась.

7. Наполните подготовленные рамекины тестом чуть больше, чем наполовину (от 1,5 до 2 см до края).

8. Поставьте формочки в духовку на средний уровень и выпекайте 12 минут.

9. Подавайте кексы теплыми – вкуснее всего с шариком мороженого сверху!

Фотография Арвинда Сринивасана

Шоколадный кекс с текучей серединкой, лава-кейк, moelleux au chocolat… Как бы вы ни назвали это лакомство, сочетание нежного теста с сюрпризом в виде жидкой начинки нравится всем. Кекс с текучей серединкой на самом деле просто недопеченный кекс, внутри которого осталось полужидкое тесто. Именно по этой причине рецепт с самого начала используется в курсе «Наука и кулинария» для изучения диффузии. При выпекании тесто по краям нагревается до температуры, при которой оно твердеет и формирует «фронт корки», продвигающийся к центру. Если бы в процессе выпекания вы замеряли температуру, то смогли бы вычислить константу диффузии для теста. В лабораторной работе мы используем специальный термометр с несколькими зондами, помещенными на различном расстоянии от центра кекса.

* * *

Что наше уравнение скажет о том, насколько далеко тепло пройдет за 12 минут? Чтобы это выяснить, нам нужно подставить в уравнение значения для t и D. Время составило 720 секунд, а коэффициент диффузии тепла для воды равен 0,0014 см^2/сек. Тогда наше уравнение говорит, что расстояние, которое тепло пройдет за это время, равно примерно 2 см, что даст вполне разумную толщину корки для кекса с текучей серединкой.

$$L = \sqrt{4Dt} = \sqrt{4 \times 0{,}0014\ \text{см}^2/\text{сек} \times 720\ \text{сек}} = 2\ \text{см}$$

А теперь вам стоит испечь этот кекс самостоятельно и проверить, работает ли уравнение!

Наше уравнение диффузии тепла удивительно тем, что точно так же можно рассчитать, сколько времени нужно готовить стейк средней прожарки или когда полностью промаринуется рыба в севиче. Обычно для средней прожарки рекомендуется жарить стейк примерно по 5 минут с каждой стороны. Согласно нашему уравнению, за это время тепло диффундирует на 1,3 см. Умножьте на два для каждой стороны – и получите величину, близкую к толщине обычного стейка.

В севиче диффундирующий элемент не тепло, а ионы водорода – те молекулы лимонного сока, которые в итоге обеспечивают приготовление рыбы. Скорость движения ионов водорода отличается от скорости тепла. Наше уравнение остается тем же, но значение коэффициента диффузии изменится. Для

ионов водорода оно составляет $D = 0{,}000005$ см^2/сек. Если мы воспользуемся нашим уравнением, то выясним, что ионы водорода за 12 часов проходят 0,9 см. Если вы когда-нибудь готовили севиче так, чтобы рыба полностью промариновалась, то знаете, что это достаточно точно. Часто мы мелко нарезаем рыбу перед тем, как положить в лимонный сок; это означает, что ионам нужно будет преодолеть меньшее расстояние, соответственно и времени им понадобится меньше.

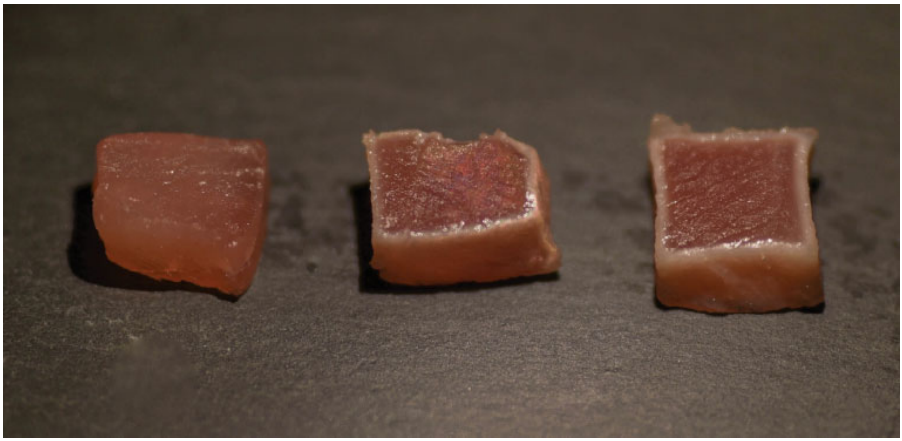


РИСУНОК 3

На снимке показаны кубики тунца, которые погружали в сок лайма на 0 минут, 30 минут и 90 минут. В центре мясо по-прежнему красное. Сок лайма диффундировал очень недалеко, дав приготовленный слой более светлой рыбы.

Фотография Аманды Джастис

Многие современные рецепты рекомендуют мариновать севиче гораздо меньше. Шеф Вирхилио Мартинес держит рыбу в маринаде меньше минуты, что, согласно нашему уравнению, позволяет ионам пройти всего 0,3 мм. Они едва успевают вообще попасть в рыбу, так что в результате получается очень тонкий приготовленный слой – такое севиче почти не отличается от рыбы в суши.

Возвращение к сферификации

Мы описали сферификацию в главе 3, разобрав рецепт Феррана Адриа и сосредоточив внимание на роли, которую заряженные ионы кальция играют в склеивании альгинатных полимеров. Однако образование геля альгинатными полимерами – не единственный принцип, использованный в этом рецепте. В его основе лежит… ну да, вы угадали… диффузия. На самом деле, хотя сферификация за последние годы растеряла часть своей новизны в гастрономическом сообществе, мы по-прежнему ее обожаем, потому что она служит чудесным примером того, как соединяются различные научные понятия. Давайте еще раз рассмотрим рецепт Адриа, чтобы это понять.

При сферификации вкусная жидкость – например соки оливки, манго или горошка из нашего рецепта – оказывается в оболочке из очень тонкого слоя геля. Когда вы отправляете заключенную в геле жидкость в рот, гель лопается, создавая взрыв чудесного вкуса. Рецепт начинается с растворения очень небольшого количества альгината натрия в жидком продукте, который вы надеетесь сферифицировать. Следующий шаг заключается в том, чтобы опустить небольшую ложку с приправленным альгинатом продуктом в ванну с растворенными ионами кальция. Как только капля альгината попадает в ванну с хлоридом кальция, крошечные ионы кальция начинают случайно блуждать – или диффундировать в нее. Стоит иону кальция встретиться с отрицательным зарядом – и он залипает. Со временем ионы кальция диффундируют все дальше и дальше внутрь сферы, прикрепляясь ко все большему количеству альгинатных полимеров. Это заставляет гель становиться все толще.

Теперь вы видите, что сферификации не произошло бы без процесса диффузии. Действительно, ионы кальция даже не начали бы творить волшебство соединения молекул полимера, если бы сначала не диффундировали в каплю продукта.

Секрет сферификации в том, что нужно проследить, чтобы толщины геля хватило для заключения жидкости в сферу, но он не оказался бы настолько толстым, чтобы в рот едоку попал неаппетитный желеобразный комок. Ключ к успеху здесь тот же, что и во всех рецептах этой главы: понимание диффузии и ее контролирование.

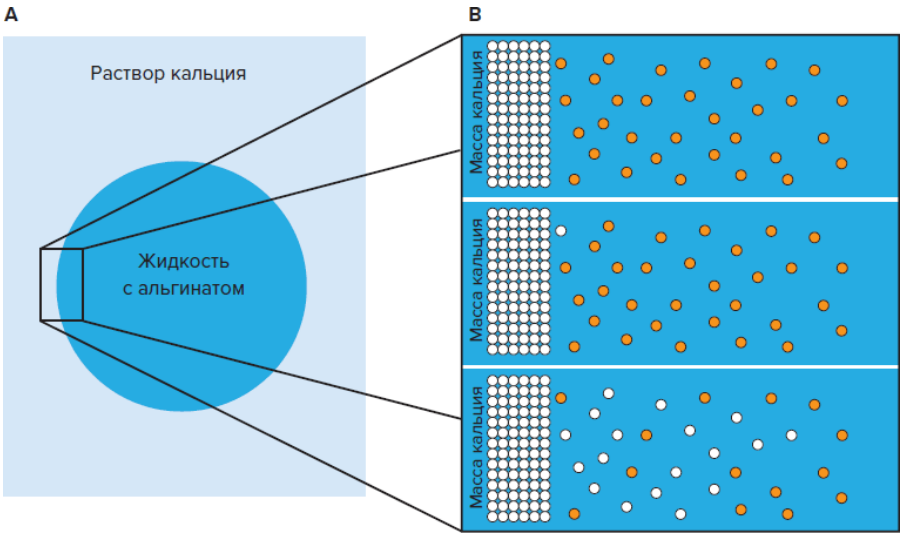


РИСУНОК 4 (А)

Сферификация начинается, когда ложку вкусной жидкости, сдобренной альгинатом натрия, погружают в ванну с хлоридом кальция. Спустя недолгое время образуется тонкий гель, заключающий жидкость в своего рода капсулу, и сферу извлекают.

(В) Гель образуется, когда ионы кальция попадают в жидкость за счет случайных блужданий. Чтобы увидеть, как это происходит, мы увеличиваем небольшую область границы раздела. Известно, что человеку на Земле наша планета кажется плоской, – если мы рассмотрим достаточно малый участок капли, ее граница также будет абсолютно плоской. На верхнем изображении показано, что происходит сразу после погружения капли в ванну: ионы кальция (белые кружки) еще не начали диффундировать в приправленную альгинатом жидкость (красные кружки). На центральном изображении видно, как ионы кальция начинают проникать в жидкость. На нижнем изображении показано, что со временем многочисленные ионы кальция диффундируют в жидкость все дальше. По мере продвижения они связываются с альгинатными полимерами и образуют гель.

Давайте посмотрим, не поможет ли нам снова наше чудесное уравнение. В данном случае диффундирующий элемент – это кальций, а не тепло, так что прежде всего нам нужно узнать коэффициент диффузии ионов кальция. Нам известно, что ионы кальция диффундируют примерно в 200 раз медленнее тепла: коэффициент диффузии составляет 8×10^{-6} см^2/ сек. Если вам хочется, чтобы гель был очень тонким, скажем 0,3 мм, то

уравнение говорит нам, что ложку жидкости в кальциевой ванне следует оставить примерно на 30 секунд: именно такое время и рекомендовано в рецепте сферических гороховых равиоли.

$$t = \frac{L^2}{4D} = \frac{(0{,}03\ \text{см})^2}{4 \cdot (8 \times 10^{-6}\ \text{см/сек})} = 30\ \text{сек}$$

Изобретательные повара подхватили основную идею сферификации и создали широкий ассортимент: дынную «икру», пармезановые «яйца», сферифицированный сок мидий, газированный сферифицированный мохито и многое, многое другое. А поскольку вкус хлорида кальция порой может ухудшать вкус продукта, повара иногда используют другие кальциевые добавки, которые действуют точно так же. Одним из популярных реактивов служит глюконолактат (смесь лактата кальция и глюконата кальция), для нас безвкусный.

Иногда шефы используют так называемую обратную сферификацию, при которой соединение кальция добавляют в продукт, погружаемый в альгинатную ванну, а не наоборот. Почему это порой полезно, можно понять, вспомнив научный принцип. Оказывается, прямая сферификация – процесс, который мы подробно описали, – сопряжена с одной важной проблемой: когда вы извлекаете сферу из ванны, на ее поверхности остается много ионов кальция, которые еще не образовали связи. Эти ионы продолжают диффундировать и образовывать связи, даже когда сфера уже извлечена из ванны, так что гель утолщается. Представьте себе, что вы позвали гостей, положили массу трудов на чудесные сферифицированные блюда, попробовали их сразу по извлечении из ванны и убедились, что они безупречны. Гости собрались через час, а гель продолжал утолщаться, так что вместо чудесной сферы у вас получился комок геля. Такое никому не захочется есть. Простым решением станет обратный процесс: добавьте кальций в жидкую основу и погрузите ложку с ней в альгинат. Связи между кальцием и альгинатом по-прежнему будут возникать, но, как только вы извлечете сферу из альгинатной ванны, у вас уже не будет излишка несвязанных полимеров. Связывание прекратится, и тонкий гель будет долго оставаться тонким – достаточно долго, чтобы подать сферы гостям, которых впечатлят ваши умения.

Почему готовить с помощью нагрева сложно на примере жарки стейка

В главе 2 мы видели, что происходит с составляющими продукта по мере увеличения нагрева. Мы начали с очень небольших количеств тепла для того, чтобы убить микробы и сохранить продукт, затем перешли к умеренным количествам тепла для получения оптимальной текстуры и цвета и, наконец, увеличили его еще больше для особого вкуса и аромата, которые дает реакция Майяра. Так как некоторые из этих стадий разделяет всего несколько градусов, жизненно необходимо уметь очень точно манипулировать нагревом на каждом этапе. Даже небольшой избыток тепла может означать разницу между пастеризованным яйцом, «идеальным» яйцом или переваренным яйцом.

И это только верхушка айсберга сложностей, с которыми мы сталкиваемся, когда готовим с помощью нагрева. Гораздо более существенная проблема в том, что нам часто нужно, чтобы в одном продукте произошли все виды преобразований – и часто в одно время. Например, при жарке стейка тунца обязательно нужно убить микроорганизмы. Нужно преобразовать белки и жиры, но при этом не пережарить их. Это понятно. Но, чтобы появились вкус и аромат, нам нужны еще и реакции Майяра на поверхности, а для них требуются гораздо более высокие температуры. На самом деле все эти важные реакции протекают при различных температурах. Но как можно нагреть разные части продукта по-разному? Ответ на этот вопрос становится основой многих техник, используемых в кулинарии, и он же объясняет, почему многие приемы бывает так трудно освоить.

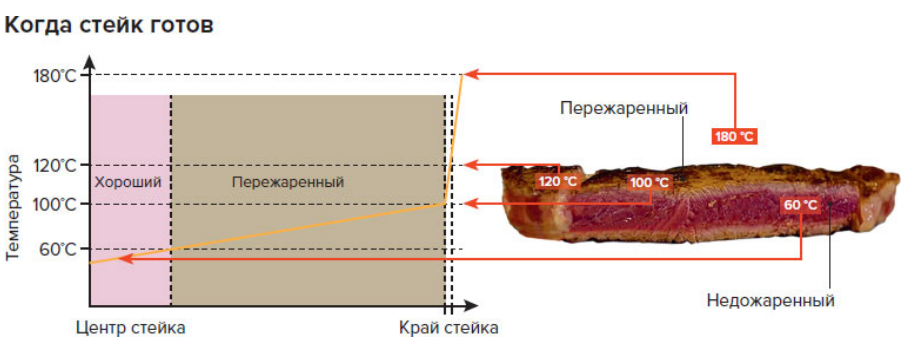


РИСУНОК 5

Диаграмма показывает, почему так трудно идеально пожарить стейк. При идеальной температуре в центре, 60 °C, мясо внутри остается красноватым. А идеальная температура для румяной корочки выше 120 °C. Согласно основным законам физики, температура не может скачкообразно прыгнуть от одного значения к другому. Следовательно, бóльшая часть стейка должна оказаться между этими двумя температурами, из-за чего она

будет пережаренной. Это объясняет появление светло-коричневой области между хрустящей корочкой и красноватым центром. Главная задача жарки стейка в том, чтобы уменьшить размер пережаренной части.

Хорошо приготовленный стейк средней прожарки будет менее прожаренным внутри, иметь текстуру, сходную с хорошей прожаркой, ближе к поверхности, и хрустящую румяную корочку снаружи. Чтобы этого добиться, нам нужно понять, как сделать наружный слой румяным, не пережарив середину. Для реакций Майяра на наружной части стейка температура должна быть выше 120 °C. Внутренняя часть требует температуры порядка 60 °C: именно она даст идеальную текстуру. Дилемму, возникающую при попытке удовлетворить оба этих требования, иллюстрирует рисунок 5. У стейка очень тонкая, коричневая, ароматная корочка, возникшая в результате реакции Майяра. А вот середина остается темно-розовой с нежной текстурой. Температура – это непрерывная переменная: она постоянно уменьшается от края к центру. Чтобы край оказался при оптимальных 120 °C, а центр – при идеальных 60 °C, весь стейк между поверхностью и серединой нагреется до среднего значения. В результате бóльшая его часть окажется пережаренной. Это нам ни к чему. Повара придумали разнообразные хитроумные способы справиться с этой проблемой. Давайте рассмотрим некоторые из них и обсудим, на чем они основаны.

Метод 1: «нормальный» способ. Вы разогреваете гриль до высокой температуры и кладете на него стейк. Жарите на одной стороне 4 минуты, переворачиваете и жарите на другой еще 4 минуты. Это, конечно, просто, но только самый центр будет идеальной сочной текстуры medium-rare (между средней прожаркой и с кровью), а остальное окажется пережарено. (Но может, вы именно такие стейки и любите!)

Метод 2: су-вид. Этот метод работает просто: стейк нагревается точно до желаемой температуры в водяной бане с постоянной температурой. Если вы любите стейк medium-rare, это около 60 °C. Во время приготовления стейк вакуумирован, так что жидкость не теряется, а температура остается именно той, что нужно. Это дает идеальную текстуру всей середины стейка, но остается одна проблема: реакций Майяра не было! Это можно легко исправить, быстро обжарив стейк с обеих сторон при высокой температуре. Если эта обжарка будет достаточно недолгой, тепло проникнет совсем неглубоко, так что пережаренным окажется только самый наружный слой. Результат – стейк с идеальной корочкой и почти безупречной серединой.

Метод 3: метод Натана Мирволда. Натан Мирволд придумал хитрый вариант метода су-вид, который полностью исключает пережаривание середины стейка. По завершении приготовления су-вид он замораживает стейк в жидком азоте. Жидкий азот невероятно холодный (–196 °C), и стремительное понижение температуры не позволяет кристаллам льда образоваться внутри стейка и испортить его текстуру. Затем Мирволд берет замороженный стейк и поджаривает на сильном огне. Жар гриля быстро прогревает замороженный стейк, вызывая реакции Майяра на поверхности. Та же реакция происходит и при обычной технологии су-вид, но излишки тепла от поджаривания могут проникнуть внутрь стейка, высушивая его. В методе Мирволда внутренняя часть стейка заморожена, и для того, чтобы температура поднялась до стадии денатурации белков и пережаренного вида, понадобится гораздо больше тепла. Такой метод позволяет получить идеальный стейк су-вид с чудесной румяной корочкой, но с гораздо более тонким слоем пережарки.

МОЛОЧНЫЙ ПОРОСЕНОК СУ-ВИД С ПФАЛЬЦСКИМ РИСЛИНГОМ ОТ ХУАНА РОКА

Молочный поросенок с пфальцским рислингом

Ингредиенты

Грудинка молочного поросенка (рецепт см. далее)
Пюре из черного чеснока (рецепт см. далее)
Луковое пюре (рецепт см. далее)
Апельсиновое пюре (рецепт см. далее)
Свекольное пюре (рецепт см. далее)
Дынные кубики в свекольном соке (рецепт см. далее)
Террин из манго (рецепт см. далее)
Ломтики черного трюфеля
Листья фиолетового шисо
Цветок многоколосника золотистого (*Agastache aurantiaca*)
Бланкет из молочного поросенка (рецепт см. далее)

Рецепт и изображение предоставлены рестораном El Celler de Can Roca

Инструкции

1. Выложите по пять кубиков грудинки молочного поросенка на каждую тарелку.
2. Добавьте по три капли пюре из черного чеснока, лука, апельсина и свеклы.
3. Выложите поочередно три кубика дыни, вымоченной в свекольном соке, и три кубика мангового террина с маленьким ломтиком трюфеля.
4. Сбоку выложите два листа шисо и один цветок.
5. Приправьте бланкетом из молочного поросенка.

Грудинка молочного поросенка

Ингредиенты

2 грудинки иберийского молочного поросенка
Рассол для мяса (8 % соли растворить в воде)
80 г оливкового масла extra virgin

Инструкции

1. Опустите грудинку в рассол и уберите в холодильник на

2 часа.

2. Вакуумируйте каждую грудинку с оливковым маслом и выдержите в водяной бане с температурой 63 °C 24 часа.

3. Удалите кости. Поджарьте грудинку на гридле под гнетом, чтобы шкурка равномерно подрумянилась и стала хрустящей.

4. Нарежьте квадратиками со стороной 1,5 см.

Пюре из черного чеснока

Ингредиенты

50 г черного чеснока
70 г воды
0,2 г ксантановой камеди
Соль

Инструкции

1. Смешайте чеснок, воду и ксантановую камедь блендером, а затем пропустите пюре через сито-шинуа. Попробуйте и посолите по вкусу.

2. Переложите в пластиковый дозатор для соусов.

Луковое пюре

Ингредиенты

300 г нарезанного соломкой репчатого лука
30 г оливкового масла
50 г сливочного масла
50 г воды
0,4 г ксантановой камеди
Соль

Инструкции

1. На большой сковороде смешайте лук с оливковым маслом и 30 г сливочного масла и тушите на умеренном огне до мягкости, не подрумянивая.

2. Погружным блендером или в кухонном комбайне измельчите лук с оставшимися 20 г сливочного масла, водой и ксантановой камедью. Пропустите получившееся пюре через сито-шинуа. Попробуйте и посолите по вкусу.

3. Переложите в пластиковый дозатор для соусов.

Апельсиновое пюре

Ингредиенты

450 г апельсинов, срезать цедру ножом
400 г простого сиропа
0,6 г ксантановой камеди

Инструкции

1. Наполните кастрюлю холодной водой и доведите до кипения. Чтобы устранить горечь, бланшируйте цедру трижды, каждый раз заливая ее свежей холодной водой.
2. Соедините цедру и сахарный сироп в кастрюле и варите 15 минут на умеренном огне.
3. Отвесьте 100 г цедры и измельчите в блендере с ксантаном, а затем пропустите через сито-шинуа.
4. Переложите в пластиковый дозатор для соусов.

Свекольное пюре

Ингредиенты

150 г свеклы
25 г дистиллята почвы[7]
0,2 г ксантановой камеди
Соль

Инструкции

1. Вскипятите воду в кастрюльке и варите свеклу до мягкости.
2. Измельчите свеклу в блендере с дистиллятом и ксантаном, затем пропустите пюре через сито-шинуа. Попробуйте и посолите по вкусу.
3. Переложите в пластиковый дозатор для соусов.

Дынные кубики в свекольном соке

Ингредиенты

1 свекла
100 г канарской дыни, нарезать кубиками со стороной 0,5 см

Инструкции

1. Вскипятите воду в кастрюле и отварите свеклу до мягкости. Измельчите в блендере.
2. Смешайте свекольное пюре с кубиками дыни и варите в су-виде 3 часа. Отставьте.

Террин из манго

Ингредиенты

2 спелых манго, очистить и нарезать тонкими ломтиками
40 г сливочного масла
3 г агар-агара

Инструкции

1. Разогрейте духовку до 160 °C.
2. Сложите нарезанное манго в форму 10 × 12,5 см, добавив немного сливочного масла и пересыпая ломтики агар-агаром. Получившийся террин должен быть толщиной 0,7 см.
3. Запекайте 30 минут.
4. Нарежьте кубиками со стороной 0,5 см и храните.

Бланкет из молочного поросенка

Ингредиенты

0,4 г ксантановой камеди
200 г прозрачного бульона из молочного поросенка (рецепт см. далее)
20 г вареных шкурок молочного поросенка (рецепт см. далее)
40 г лукового масла (рецепт см. далее)

Инструкции

1. Погружным блендером смешайте ксантановую камедь с бульоном.
2. Добавьте шкурки и продолжайте измельчить.
3. Добавьте луковое масло и эмульгируйте, затем процедите. Держите на водяной бане.

Прозрачный бульон из молочного поросенка

Ингредиенты

1 кг костей иберийского молочного поросенка
200 г нарезанного соломкой репчатого лука
2 кг воды

Инструкции

1. Вымачивайте кости молочного поросенка в холодной воде 12 часов. Слейте воду.
2. Сложите кости в кастрюлю, добавьте лук и воду.

3. Варите 2 часа, постоянно снимая пену, а затем процедите, чтобы получить прозрачный бульон.

4. Остудите и отставьте в сторону.

Вареные шкурки молочного поросенка

Ингредиенты

240 г шкурок иберийского молочного поросенка
200 г мелко нарезанного репчатого лука
150 г мелко нарезанной моркови
0,4 г ксантановой камеди

Инструкции

1. Сложите шкурки поросенка, лук и морковь в большую кастрюлю и залейте холодной водой. Доведите до кипения и варите 4 часа.

2. Слейте бульон, а шкурки сохраните для соуса.

Луковое масло

Ингредиенты

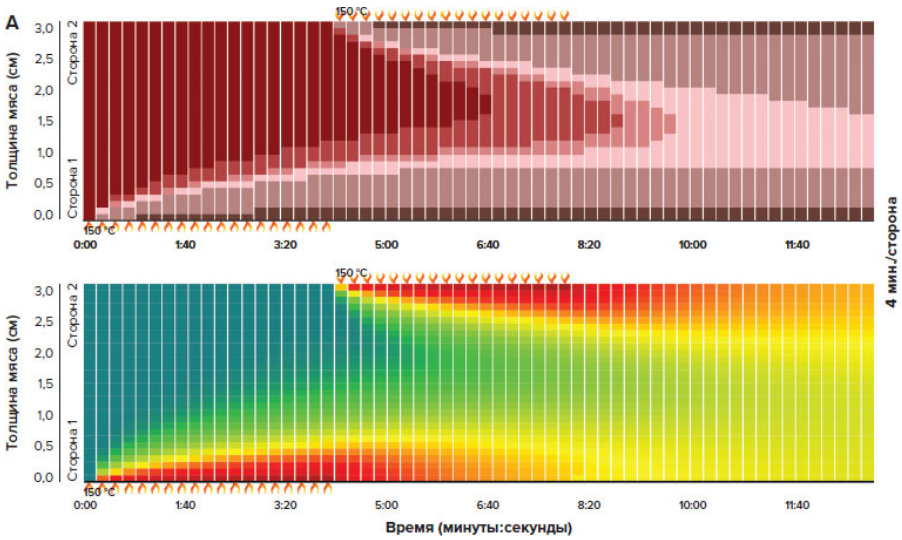
100 г нарезанного соломкой репчатого лука
120 г оливкового масла extra virgin

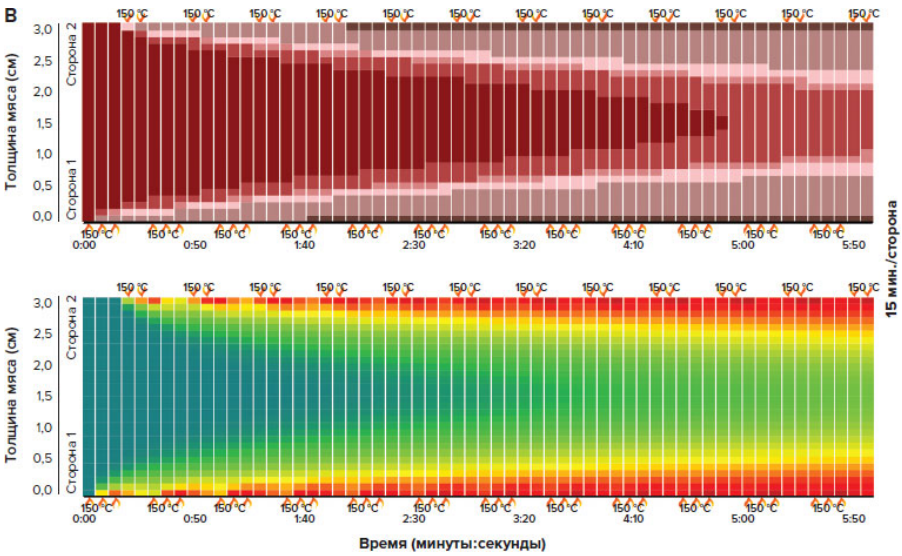
Инструкции

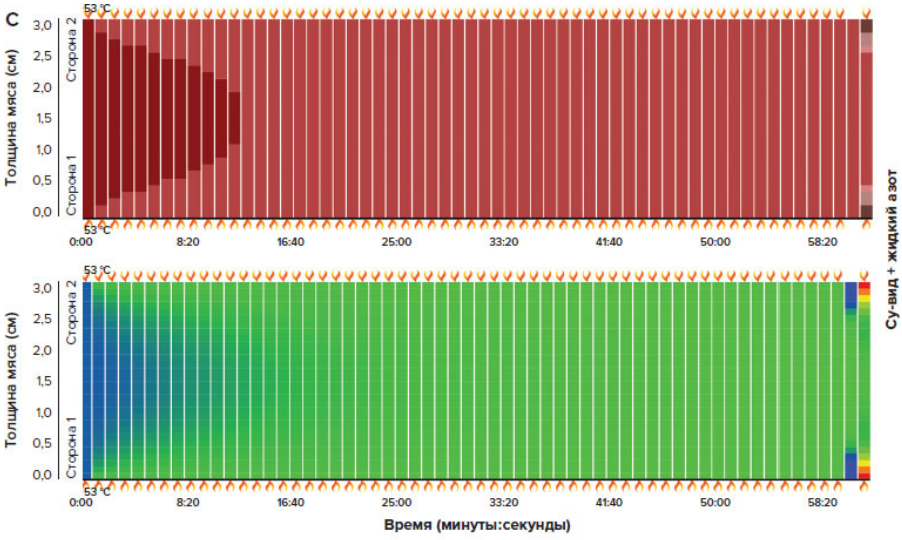
1. В большой сковороде смешайте лук с маслом. Томите на слабом огне 30 минут.

2. Дайте остыть, затем процедите.

3. Храните в закрытой емкости.


A
150 °C
Толщина мяса (см)
Сторона 2
Сторона 1
3,0
2,5
2,0
1,5
1,0
0,5
0,0
0:00
1:40
3:20
5:00
6:40
8:20
10:00
11:40
4 мин./сторона
Время (минуты:секунды)


B
150 °C
Толщина мяса (см)
Сторона 2
Сторона 1
3,0
2,5
2,0
1,5
1,0
0,5
0,0
0:00
0:50
1:40
2:30
3:20
4:10
5:00
5:50
15 мин./сторона
Время (минуты:секунды)



Сырой: никакой денатурации, ниже 40 °C
С кровью: миозин денатурирует, 40–55 °C
Medium-rare: гликоген денатурирует, 55–60 °C
Medium: миоглобин денатурирует, 60–70 °C
Средняя прожарка: актин денатурирует, 70–120 °C
Реакции Майяра, 120–180 °C
Обугливание при T > 180 °C

РИСУНОК 6

Мясо, приготовленное тремя разными способами: **(A)** по четыре минуты с каждой стороны; **(B)** по 15 секунд с каждой стороны и с постоянным переворачиванием; **(C)** су-вид с последующим погружением в жидкий азот и обжариванием на сильном огне. Для каждого из способов приготовления изображен температурный профиль (внизу) и получившееся в результате состояние белков (вверху). Тонкие вертикальные линии показывают, как разрез стейка будет выглядеть в данный момент времени. Например, по прошествии минуты приготовления методом **(A)** поверхность одной из сторон стейка будет очень горячей, о чем говорят красные, оранжевые и желтые цвета на температурном профиле. Это соответствует тонкому слою подрумянивания и «готовности» слоя толщиной около 0,5 см, как видно из графика состояния белков. Итоговую температуру и состояние белков, то есть свойства приготовленного стейка, показывают крайние вертикальные линии справа.

Метод 4: метод Хестона Блюменталя. Последний из методов, который мы здесь рассмотрим, сделал популярным Хестон Блюменталь. По его рецепту вы переворачиваете стейк на очень

горячем гриле каждые 15 секунд. Если делать это в течение нескольких минут, в результате получится чудесный стейк. Почему этот метод работает? Каждый раз, когда вы переворачиваете стейк, небольшое количество тепла подрумянивает поверхность и проникает внутрь. При переворачивании поверхность остывает, но часть тепла остается в стейке, и приготовление продолжается. За счет переворачивания тепло постоянно попадает на обе стороны, и стейк приготавливается, но не пережаривается.

Как можно сравнить эти непохожие методы? Лучше всего, конечно, купить четыре стейка, приготовить по каждой из методик и посмотреть, что вам больше понравится. Это немного сложновато для большинства, поскольку понадобится специальное оборудование для су-вида и сосуд Дьюара для жидкого азота. (Как вы помните, в главе 2 мы показали вам, как готовить в технике су-вид дома. Как сделать самодельный сосуд Дьюара, останется тайной.)

Другой вариант проверки рецептов – это использование нашего математического уравнения и его расширения, выведенных Эйнштейном и Башелье. Мы попросили студентов МТИ (Массачусетского технологического института) написать компьютерную программу, которая рассчитала бы, как работает каждый из методов жарки стейка. Результаты показаны на рисунке 6, где цвет внутренней части стейка изображен как функция времени для трех методов приготовления. Цвета соответствуют температуре стейка: в подписи сказано, как это было сделано. Темно-красный – сырой стейк, более светлый красный – стейк с кровью (который мы пытались приготовить), светло-коричневый – хорошо прожаренный стейк, а темно-коричневым обозначены реакции Майяра. Как видите, подрумянивание происходит на поверхности стейка и продвигается внутрь по мере приготовления. В традиционном способе темно-коричневая область заходит гораздо глубже, и, хотя нам удалось приготовить стейк с кровью, часть все равно оказалась хорошо прожаренной.

И последняя мысль относительно жарки стейков: как и в случае со сферификацией, где мы наблюдали продолжение диффузии кальция после извлечения сферифицированного блюда из кальциевой ванны, то же происходит и с теплом. Можете как угодно добиваться того, чтобы температура в центре стейка была идеальной. Можете приготовить стейк, снять его с гриля, положить на тарелку и пригласить гостей за стол. А теперь представьте себе, что в этот момент гости выражают желание пойти помыть руки. Это занимает какое-то время, но вот они

возвращаются, садятся и отрезают кусок стейка. Увы и ах: оказалось, что стейк между тем продолжал готовиться. У воздуха низкая теплопроводность, тепло не может уйти из стейка, так что оно диффундирует внутрь! И остановить это невозможно: для нагрева продуктов «обратной сферификации» не существует. Единственный способ уменьшить этот эффект – помнить, что снятый с гриля стейк продолжает жариться и финальная температура будет меняться. В этом случае вы сможете соответствующим образом скорректировать время жарки, чтобы «запланировать» эту температуру.

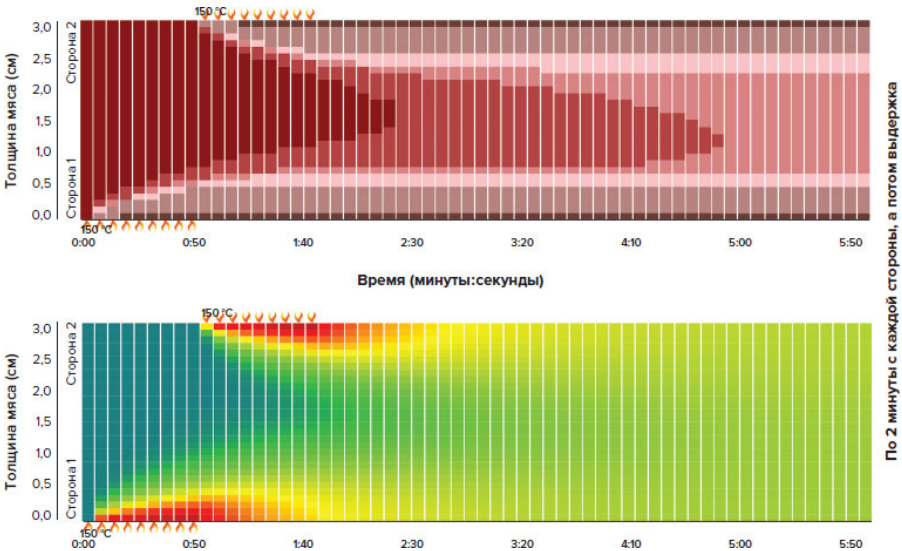


РИСУНОК 7

Поперечное сечение стейка, который жарили 2 минуты, а потом оставили на 10 минут. Стейк продолжает жариться и получается идеальным.

Изображения взяты из приложения Cook My Meat, разработанного совместно с профессорами Робом Миллером и Фредо Дьюраном из Массачусетского технологического института и их студентками Кейт Роу, Лорой Бреймен и Мариссой Стивенс (http://up.csail.mit.edu/science-of-cooking)

На рисунке 7 мы показали стейк, который жарили по 2 минуты с каждой стороны, а потом дали полежать еще 10 минут. Согласно расчетам, это дает идеальную текстуру.

На сладкое давайте обсудим еще один рецепт, в котором работают эти принципы: жареное мороженое! Это блюдо кажется абсолютно невозможным: как можно обжарить то, что при нагревании тает? Секрет кажущегося противоречия заключается опять-таки в тщательном управлении диффузией. Как и в случае

стейка, кекса с текучей серединкой или севиче, создание рецепта с тонким управлением диффузией позволяет получить блюдо, идеально приготовленное как снаружи, так и внутри.

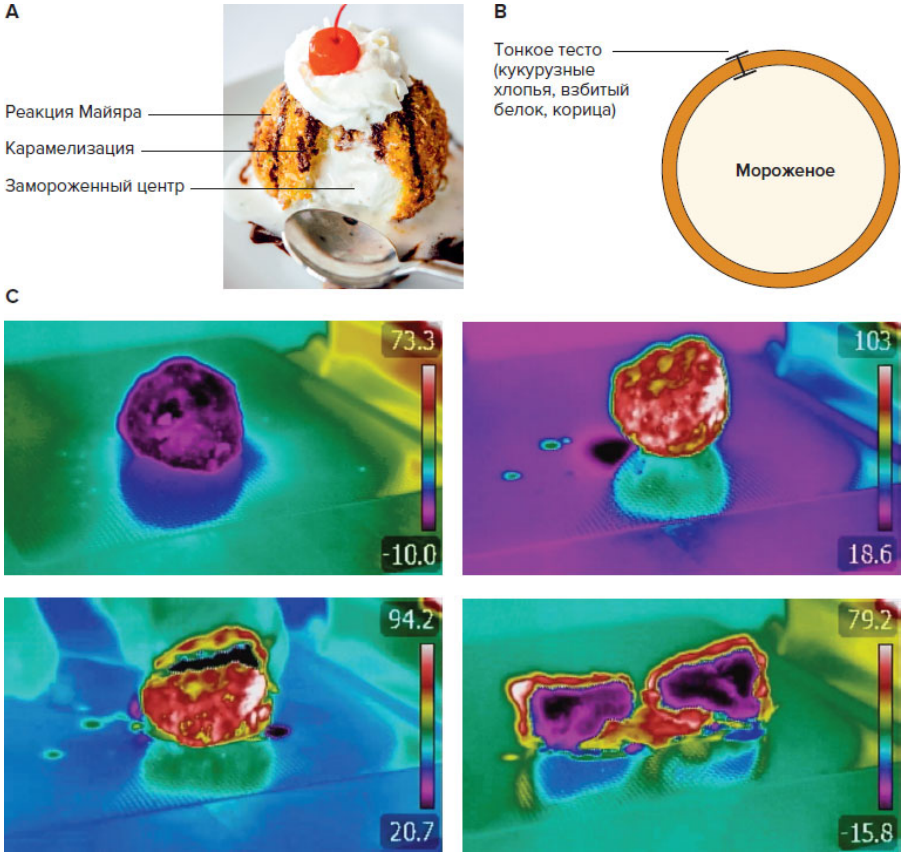
Здесь диффундирующий элемент – тепло, а визуальный признак диффузии – тает ли мороженое. Если тепло проникнет слишком глубоко, шарик мороженого превратится в жидкую расползшуюся массу. Суть в том, чтобы поверхность стала хрустящей, а мороженое не растаяло бы.

ЖАРЕНОЕ МОРОЖЕНОЕ

Жареное мороженое

Ингредиенты

1 л ванильного мороженого
3 крупных белка
3 стакана раскрошенных кукурузных хлопьев
1 ч. л. молотой корицы
2 литра растительного масла для фритюра



Инструкции

1. Сделайте из мороженого шарики объемом 1/2 стакана (всего восемь штук). Выложите на противень с бортиками и заморозьте до твердости (около 1 часа).
2. Взбейте яичные белки в пену в неглубокой миске.
3. В другой миске смешайте хлопья с корицей.
4. Прокатайте шарики мороженого в белке, затем обваляйте в хлопьях, следя, чтобы они покрылись полностью. Снова положите на противень и заморозьте до твердости (около 3 часов).
5. Во фритюрнице или большом тяжелом сотейнике нагрейте масло до 190 °C.
6. Используя корзинку или шумовку, обжаривайте по одному-двум шарикам до подрумянивания (10–15 секунд). Между порциями давайте маслу снова нагреться до нужной температуры.
7. Чуть обсушите на бумажных полотенцах и сразу же подавайте.

Давайте разберем этот рецепт. Нам велено сделать из мороженого шарики, а затем покрыть их сначала взбитыми

белками, а потом раскрошенными хлопьями. На снимке (A) вы видите поперечное сечение готового жареного мороженого. Схема шарика мороженого перед жаркой приведена на изображении (B). Слой хлопьев – это все, что убережет мороженое от таяния. Поначалу этот наружный слой гораздо теплее мороженого: яйца и хлопья находятся при комнатной температуре, а мороженое заморожено. Если мы опустим такой шарик в горячее масло, он безнадежно растает.

Однако тут есть одна хитрость, сходная с методом приготовления стейка от Натана Мирволда: перед жаркой обвалянный шарик мороженого снова отправляется в морозильник и остается там 3 часа. Это достаточно долго, так что извлеченный шарик будет иметь примерно ту же температуру, что и морозильник, – около –18 °C. Когда вы опу́стите замороженный шарик в горячее масло, тепло масла начнет диффундировать в обсыпку из кукурузных хлопьев, а затем – в мороженое. Температура поверхностного слоя начнет постепенно повышаться и достаточно быстро достигнет такого значения, при котором мороженое тает. По мере дальнейшей диффузии тепла все больше мороженого растает.

В идеале вы должны погрузить шарик мороженого в горячее масло ровно настолько, чтобы прогреть наружный слой хлопьев, превратив его в чудесную хрустящую корочку, а мороженое оставить замороженным. И каково же это время? Ну, толщина слоя хлопьев в этом рецепте примерно 0,3 см. Это можно выяснить, самостоятельно приготовив блюдо, или же вычислить на основе размера шариков мороженого и количества белка и хлопьев в рецепте.

Так или иначе, как только мы будем знать толщину слоя хлопьев, останется вопрос, сколько времени уйдет на то, чтобы тепло диффундировало на такое расстояние. Предположив, что показатель диффузии в мороженом примерно тот же, что и коэффициент диффузии воды, мы получим:

$$t = \frac{L^2}{4D} = \frac{(0{,}3\ \text{см})^2}{4 \cdot (0{,}0014\ \text{см}^2/\text{сек})} = 16\ \text{сек}$$

Итак, 16 секунд – это теоретическая оценка того, на какое время нам нужно погрузить шарик мороженого в масло. Это, конечно, очень близко к тем 10–15 секундам, которые рекомендованы в рецепте.

А как это работает на практике? В нашем случае оказалось, что 15 секунд – это идеальное время для того, чтобы получить

шарик мороженого с золотистой корочкой и замороженным центром. На фотографиях (C) наш шарик мороженого снимался инфракрасной камерой на различных этапах приготовления: сразу после морозильника (вверху слева), сразу после горячего фритюра (вверху справа), в момент разрезания пополам после приготовления (внизу слева) и сразу после разрезания (внизу справа). Как видите, в получившемся блюде центр (темный цвет) очень холодный и по-прежнему замороженный. А поверхность (красный/белый) очень горячая, аппетитно подрумяненная и хрустящая.

Особый вариант этого рецепта дает еще более тонкую корочку: мы сначала погружаем шарики мороженого в жидкий азот примерно на минуту. Поверхностный слой шарика мороженого при этом значительно охлаждается: холод диффундирует в шарик сходным с теплом образом. Когда сверхохлажденный шарик будет опущен в горячее масло, теплу понадобится еще больше времени, чтобы растопить мороженое. В результате шарики жареного мороженого приобретают еще более тонкую поджаренную корочку, а внутри остаются совсем холодными.

Итак, научный принцип диффузии – не только секрет стейка, севиче и шоколадного кекса с текучей серединкой. Он также позволяет получить любопытное сочетание горячего и холодного в этом классическом рецепте.

Диффузия с использованием рассолов, маринадов и копчения

Засолка и маринование не так уж отличаются от приготовления севиче, да и со сферификацией у них много общего. Во всех этих процессах пища приготавливается за счет вымачивания ее в чем-то еще. Это «что-то еще» проникает в продукт за счет диффузии. Засолка и маринование подразумевают погружение продукта в какую-то смесь вкусных и ароматных ингредиентов и выдержку до тех пор, пока вкусоароматические компоненты в него не диффундируют.

При засолке вы натираете продукт солью или погружаете его в соленую воду. Обычно концентрация соли высокая – примерно 20 %. А потом ждете, пока соль не диффундирует в мясо, а вода не будет выведена из клеток осмосом.

Маринады часто содержат соль, но в них также присутствует множество других молекул: сахара́, кисло́ты, спирты и ферменты. Кислоты работают точно так же, как лимонный сок в севиче: они приготавливают и размягчают мясо. Некоторые фруктовые соки также содержат ферменты, в особенности соки папайи и ананаса. Как это ни удивительно, но даже в имбире имеется фермент, расщепляющий белки. Маринады также часто содержат травы и специи: их молекулы быстро не диффундируют, однако за то долгое время, которое уходит на маринование, они могут проникнуть внутрь. Иногда в маринады добавляют йогурт (например, в курицу тандури): лактобактерии йогурта производят кислоту, которая диффундирует в мясо.

В типичном рецепте вам порекомендуют мариновать продукт 12 часов. Насколько глубоко могут все эти вещества проникнуть за 12 часов? Теперь вы можете это вычислить.

Копчение как кулинарный процесс также использует диффузию. Древесина состоит из лигнина, целлюлозы и гемицеллюлозы. Когда дерево горит, эти сложные крупные структуры распадаются на сотни мелких молекул всевозможных форм и размеров. В их числе и красящие соединения, и вкусоароматические молекулы, и такие, которые действуют как консерванты, и такие, которые меняют текстуру.

При высокой температуре эти молекулы испаряются и распространяются в воздухе. Если вы готовите в духовке, они непременно натолкнутся на продукт. Прикрепляясь к поверхности продукта, они начинают диффундировать в него. Таким образом дымящаяся и расщепляющаяся древесина создает для продукта

молекулярную среду, которая не слишком отличается от кальциевой ванны вокруг альгинированного горохового сока!

Во время копчения соединения быстро реагируют с белками и углеводами поверхности, вызывая реакцию Майяра. Именно из-за них поверхность копченого продукта становится коричневой. Затем они начинают проникать внутрь. Небольшие молекулы диффундируют быстрее, чем более крупные. В числе самых мелких молекул – оксид углерода (угарный газ) и диоксид азота (окись азота), они проходят глубже всего. Диффундируя сквозь мясо, они реагируют с миоглобином мышечной ткани и изменяют ее цвет, так что глубину проникновения этих двух газов можно определить по изменениям цвета. Если вам знаком процесс копчения, вы могли слышать о дымном, или дымовом, кольце. Ну, это оно и есть! Дымное кольцо – результат изменения цвета, вызванного диффузией. Вы можете рассчитать толщину дымного кольца, используя наше любимое уравнение диффузии. Большая часть вкусоароматических молекул крупнее оксида углерода и диоксида азота, они диффундируют медленнее и глубоко не забираются. Они бесцветны и не вызывают видимых изменений продукта, так что нельзя определить, насколько глубоко они прошли. Принимая во внимание их размер, можно предположить, что они не преодолели границы дымного кольца.

Воздействие дыма на продукты также зависит от температуры. При горячем копчении даже относительно крупные молекулы находятся в газообразной форме из-за высокой температуры. При холодном меньшее количество молекул испаряется и диффундирует в продукт, и вкусоароматический профиль получается иной.

На вкус и аромат также влияет древесина, дающая дым. В различных сортах содержится различное количество лигнина и других составляющих, поэтому сочетания молекул могут разниться. Умелый коптильщик тщательно контролирует вкусоароматический профиль, регулируя температуру и влажность. При неудачной температуре расщепляется либо слишком много, либо слишком мало лигнина, что дает иные молекулы вкуса и аромата.

В нескольких источниках говорится, что дымное кольцо редко имеет толщину более 1 см. Предположим, вы коптили кусок мяса 10 часов. Что это скажет вам относительно D для дыма? (Подсказка: возьмите наше любимое уравнение и решите его для D!) Вы убедитесь, что D очень близок к коэффициенту диффузии, который мы давали для молекулы кальция в воде. Это не должно вас удивлять, потому что как при сферификации, так и при копчении мелкие молекулы диффундируют в воду.

«Слои Амазонки» от Вирхилио Мартинеса

Мы закончим эту главу удивительным рецептом от Вирхилио Мартинеса, знаменитого перуанского повара Central Restaurante, неизменно оказывающегося в списке лучших ресторанов мира. Его рецепт «Слои Амазонки» – настоящий гимн диффузии, созданный мастером, и приведет в восторг любого слушателя нашего курса. Вирхилио берет пайче, или арапаиму, белую рыбу из Амазонки, и 3 часа выдерживает ее в нерафинированном тростниковом сахаре и соли. Сигнал о диффузии № 1: сахар и соль растворятся в жидкости и диффундируют в рыбу, изменив ее вкус и аромат. Они также вытянут воду из клеток, подобно тому как это было в рецепте коулслоу в главе 3, сделав текстуру рыбы плотнее. Далее Вирхилио делает экстракт из семян айрампо – красивого кактуса, растущего в сухих долинах Перу, который дает темно-красный краситель. Затем помещает рыбу в экстракт айрампо на 1 час (сигнал о диффузии № 2).

Вы уже знаете, что этот краситель диффундирует в продукт на глубину $\sqrt{(4Dt)}$. На фотографии вы видите готовое блюдо. По полоскам красного цвета и вашим знаниям о диффузии вы можете определить коэффициент диффузии для красителя! Научный эксперимент на прекрасном рецепте: что может быть лучше?

«СЛОИ АМАЗОНКИ» ОТ ВИРХИЛИО МАРТИНЕСА

«Слои Амазонки»

Ингредиенты

Крем из купуасу (рецепт см. далее)
Чипсы из маниока и ачиоте (рецепт см. далее)
Пайче, окрашенная айрампо (рецепт см. далее)
20 бразильских орехов
20 цветков люцерны

Инструкции

1. Выложите немного крема из купуасу на середину тарелки.
2. Накройте чипсом из маниока и ачиоте.
3. Поверх выложите окрашенную айрампо пайче.
4. На толстой овощерезке настругайте бразильские орехи. Разложите стружки в пяти местах, прикрывая пустоты.

5. Украсьте цветками люцерны.

Рецепт предоставлен рестораном Central Restaurante, фотография Сезара дель Рио

Крем из купуасу

Ингредиенты

200 г мякоти купуасу (*Theobroma grandiflorum*, родственник какао-дерева)

50 г тростникового сахара-сырца

170 г жирных сливок

2 листа размягченного желатина (замочить в холодной воде на 5–10 минут, отжать)

Инструкции

1. В небольшой кастрюльке нагревайте мякоть купуасу с сахаром на умеренном огне в течение 10 минут или пока сахар не растворится.

2. Дайте остыть, а потом пробейте блендером с жирными

сливками, чтобы перемолоть волокна купуасу.

3. Протрите массу сквозь сито и снова нагрейте ее до 70 °C.

4. Добавьте размягченный желатин и тщательно перемешайте.

5. Переложите смесь в литровый сифон, зарядите двумя баллончиками закиси азота и охладите.

Чипсы из маниока и ачиоте

Ингредиенты

700 г овощного бульона

40 г семян ачиоте (аннато)

60 г тапиоки (муки из кассавы, или маниока)

50 г мякоти плодов генипы американской (*Genipa americana*)

Инструкции

1. Нагрейте бульон в маленьком сотейнике на умеренном огне. Добавьте семена ачиоте и дайте настояться: они окрасят бульон в красный цвет.

2. Дайте бульону остыть, а затем добавьте тапиоку и мякоть генипы.

3. Нагрейте на среднем огне, часто помешивая, пока тапиока полностью не растворится, а смесь не загустеет (около 10 минут).

4. Распределите 200 г смеси тонким ровным слоем по противню.

5. Сушите 12 часов при 60 °C.

6. Пожарьте получившиеся чипсы во фритюре при 200 °C, чтобы они раздулись.

Окрашенная айрампо пайче

Ингредиенты

1 кг соли

1 кг тростникового сахара-сырца

500 г филе пайче, или арапаимы (амазонская рыба *Arapaima gigas*)

500 г экстракта айрампо (*Opuntia soehrensis*, разновидность опунции со съедобными розовыми плодами)

Инструкции

1. Смешайте соль с сахаром и выдержите пайче в этой смеси 3 часа.

2. Извлеките пайче из смеси и промойте холодной водой.

3. Погрузите пайче в экстракт айрампо на 1 час или пока рыба не окрасится.

5
Текстура, вязкость и упругость

Когда мы едим, то кладем пищу в рот, а потом прикладываем к ней силу. Зубами мы перемалываем ее на достаточно мелкие кусочки, которые можно проглотить. А языком перемещаем кусочки для жевания и глотания и вдобавок определяем и интерпретируем физические свойства еды, которая может иметь самую разную текстуру. Если пища жидкая, она может быть водянистой, густой или тягучей. Если твердая – жесткой, или мягкой, или рассыпчатой, или вязкой, или эластичной. Продукты обычно являют собой комбинацию всех этих разнообразных характеристик. Итак, рот – очень чуткий аналитический инструмент для определения структуры блюда.

Гарольд Макги

Что такое текстура?

В пище текстура невероятно важна, часто не меньше, чем вкус. Как мы уже успели узнать, эти две характеристики нередко настолько тесно связаны, что их трудно разграничить. Они смешиваются, обеспечивая целостное восприятие. Если одна из них неудачная, мы отвергаем все блюдо целиком. Большинство из нас могут вспомнить случаи, когда блюдо с идеальным вкусом и ароматом вызывало разочарование из-за в чем-то неудачной текстуры. Просто представьте себе размякшую картошку фри – и поймете, о чем речь.

Какой была бы еда, если бы вкус и аромат полностью исчезли и осталась бы только текстура? Это трудно вообразить, но на самом деле существует способ это испытать: пойдите в магазин продуктов для здорового питания и купите порошок растения *Gymnema sylvestre*, гимнемы лесной. Покройте язык этим порошком. Он не слишком вкусный, так что не переусердствуйте. Теперь съешьте немного сахара. Что вы почувствовали? У большинства людей появится впечатление, будто они положили в рот речной песок. Сладость исчезла, потому что вещество из этого растения блокировало рецепторы сладкого. Осталась одна текстура. Стали бы вы есть сахар с таким вкусом? Вряд ли. С тем же успехом можно было бы пойти на бережок и поесть песка: он будет не таким калорийным! Тем не менее с научной точки зрения эксперимент иллюстрирует то, что мы собираемся делать в этой главе: рассматривать текстуру в отрыве от других аспектов еды.

Шеф-повара очень хорошо умеют уравновешивать вкус и текстуру, а потом противопоставлять их друг другу необычным образом. Если поедание речного песка умерило ваш интерес к текстуре, посмотрите на изумительное творение Жорди Рока, с которым мы в этой книге уже встречались. Здесь предлагается большое разнообразие текстур при одном и том же вкусе и аромате яблок. Сделайте паузу, чтобы им восхититься. Задумайтесь, как скучно было бы, если бы все вкусы в вашей жизни имели одну и ту же текстуру. Почти для всех выдающихся рецептов высокой кухни характерно подобное разнообразие текстур, что делает блюда интереснее. Если вы разберете рецепт Жорди, то заметите, что каждая текстура создавалась по-своему. Цель данной главы – объяснить, как это работает. В конце главы вы сможете вернуться к этому рецепту и самостоятельно его разобрать.

КАРАМЕЛЬНОЕ ЯБЛОКО ОТ ЖОРДИ РОКА

В десерте Жорди Рока задействованы разнообразные текстуры с яблочным вкусом: яблоко из хрустящей карамели, свежее яблоко, тушеное яблоко, воздушная пена, желе, пюре – и все объединено холодным мороженым.

Рецепт и изображение предоставлены рестораном El Celler de Can Roca

Карамельное яблоко

Ингредиенты

Яблочное пюре (рецепт см. далее)
Тушеные яблоки с кальвадосом (рецепт см. далее)
Яблочное желе (рецепт см. далее)
Яблоко «роял гала», нарезанное соломкой
Карамельное яблоко (рецепт см. далее)
Яблочная пена (рецепт см. далее)
Мороженое с кальвадосом (рецепт см. далее)

Инструкции

1. Выложите на тарелку основу из яблочного пюре.
2. Разложите по краям яблочные шарики в кальвадосе, кубики яблочного желе и нарезанное соломкой свежее яблоко.
3. Наполните карамельное яблоко яблочной пеной. Выложите на пюре и добавьте кнель мороженого с кальвадосом.

Яблочное пюре

Ингредиенты

750 г разрезанных на 4 части яблок «роял гала»
75 г сахара
150 г сливочного масла комнатной температуры

Инструкции

1. Разогрейте духовку до 200 °C.
2. Сложите яблоки и сахар в небольшую форму для запекания и запекайте до полного размягчения.
3. Переложите запеченные с сахаром яблоки в блендер, добавьте масло и измельчите в пюре.

Тушеные яблоки с кальвадосом

Ингредиенты

400 г очищенных яблок «гольден»
40 г сахара
1 стручок ванили
20 г кальвадоса
30 г сливочного масла

Инструкции

1. Ложкой-нуазеткой диаметром 1 см вырежьте шарики из яблочной мякоти.
2. На слабом огне растопите сахар в сотейнике, дав ему карамелизоваться.
3. Добавьте стручок ванили и яблочные шарики, держите на слабом огне до мягкости.
4. Залейте кальвадосом и фламбируйте.
5. Вбейте сливочное масло.

Яблочное желе

Ингредиенты

300 г яблочного сока прямого отжима
3 размягченных листа желатина (замочить в холодной воде на 5–10 минут, а затем отжать)

Инструкции

1. Нагрейте 100 г яблочного сока в небольшом сотейнике,

добавьте желатин и дайте ему раствориться.

2. Добавьте оставшиеся 200 г сока, тщательно перемешайте, перелейте в контейнер и уберите в холодильник до застывания.

Карамельное яблоко

Ингредиенты

250 г кондитерской помады
125 г изомальта
125 г сиропа глюкозы
10 г 50 %-ного раствора лимонной кислоты
4 капли красного пищевого красителя

Инструкции

1. Поместите помаду, глюкозу и изомальт в кастрюлю.

2. Доведите на среднем огне до 160 °C, затем уменьшите нагрев. Когда температура понизится до 150 °C, добавьте лимонную кислоту и краситель.

3. Вылейте сахарную смесь на силиконовый коврик. Растяните и сложите около 20 раз, пока масса не станет атласной[8].

4. Пока масса горячая, сформируйте шарики размером около 2 см.

5. Нагрейте наконечник резиновой груши для выдувания сахара, введите в горячий шарик и выдуйте пузырь желаемого размера.

6. Придайте ему форму яблока и держите в герметичной емкости с силикагелем или в шкафчике для сладостей.

Яблочная пена

Ингредиенты

750 г яблок «гольден», разрезанных на 4 части
75 г сахара
60 г сливочного масла комнатной температуры
260 г яичных белков

Инструкции

1. Разогрейте духовку до 140 °C.

2. Сложите яблоки и сахар в небольшую форму для запекания и запекайте 35 минут.

3. Переложите яблоки с сахаром в блендер и измельчите.

4. Протрите смесь через сито, добавьте масло и энергично перемешайте до получения однородного пюре. Отставьте остывать.

5. Сбейте яичные белки и осторожно введите в яблочное пюре.

6. Переложите в литровый сифон, зарядите двумя баллончиками закиси азота и уберите в холодильник.

Мороженое с кальвадосом

Ингредиенты

540 г цельного молока
170 г жирных сливок
50 г обезжиренного сухого молока
175 г сахарозы
10 г стабилизатора для сливок
5 г сухого белка из пахты или обезжиренного молока
50 г кальвадоса

Инструкции

1. В сотейнике смешайте молоко, сливки и сухое молоко и нагрейте до 40 ˚С. Добавьте сахарозу, стабилизатор и сухой белок.

2. Нагрейте до 85 ˚С, а затем остудите до 4 ˚С.

3. Добавьте кальвадос и выдержите смесь около 8 часов.

4. Заморозьте в мороженице и храните при –18 ˚С.

* * *

Обычно еда имеет жидкую или твердую форму. Блюда редко подают в виде газа. Поэтому когда мы хотим описать текстуру какого-то продукта, то используем слова, подходящие для этих двух видов материи. Вариантов много, но две характеристики передают основную идею.

Если речь идет о жидкости, мы хотим знать, насколько она *густая*: густая, как молочный коктейль, вязкая, как мед, или жидкая, как вода? Это свойство мы называем вязкостью.

Если же перед нами твердый продукт, мы хотим узнать, насколько он *жесткий*: твердый, как леденец, податливый, как стейк, или мягкий, как шоколадный мусс? Мы говорим, что у твердых продуктов имеется модуль упругости, или модуль Юнга: чем выше этот модуль, тем продукт жестче.

Как шефы-профессионалы, так и домашние повара при готовке манипулируют этими двумя свойствами. Оказывается, на молекулярном уровне принципы, лежащие в основе как вязкости, так и упругости, очень схожи и могут быть объединены в два решающих. Текстура блюда всегда определяется одним из них, а иногда – сочетанием обоих.

Первого принципа мы уже касались: он состоит в том, что полимеры в пище – белки, углеводы или другие очень длинные молекулы – могут образовывать сеть, которая меняет текстуру. Мы видели это при фазовых превращениях, происходивших, когда белковые полимеры яйца денатурировали и коагулировали при нагревании, превращая яйцо из жидкости в твердый продукт. Мы также сталкивались с ним при сферификации, когда альгинатные полимеры образовывали твердый гель, обволакивавший каплю жидкости. Существует немало полимеров, способных увеличивать вязкость жидкости, делая их из водянистых густыми, как молочный коктейль. Если вы добавляете достаточно много полимеров и сеть становится прочной, жидкость может загустеть настолько, что отвердеет. А чтобы сделать и без того твердый продукт еще жестче, необходимо увеличить прочность существующей полимерной структуры. Суть в том, что упругость и вязкость регулируются с помощью полимеров. Мы вскоре вернемся к этой идее.

Второй из двух принципов, определяющих текстуру пищи, заключается в понятии, которое мы будем называть упаковкой. Упаковка точно так же, как и полимерные сети, определяет свойства и жидких, и твердых продуктов, изменяя как вязкость, так и упругость.

Упаковка

Что же такое упаковка? Вы хорошо знакомы с упаковкой в повседневной жизни: пакуете чемодан перед поездкой, складываете покупки в корзину и так далее. Вероятно, вам будет интересно узнать, что тот же принцип жизненно важен в кулинарии. Управление упаковкой ингредиентов играет решающую роль в регулировании текстуры. Играя с этой единственной «настройкой», мы можем кардинально менять текстуру блюда.

Чтобы объяснить это утверждение, давайте начнем с задачки. Предположим, вы закупились в супермаркете, но, придя домой, с ужасом обнаружили, что в шкафах не хватит места для всех продуктов. Что делать? Организованный человек может попытаться разобраться с этим так: сначала разместить на полке самые крупные предметы, а потом заполнять промежутки более мелкими, надеясь, что все уместится. Менее организованный может просто понадеяться на удачу и будет совать все на полки как попало, рассчитывая впихнуть. Как вы думаете, какой подход даст лучший результат?

Это и есть задача по упаковке: вы пытаетесь придумать, как разместить непересекающиеся объекты в трехмерном пространстве, чтобы их количество было как можно бóльшим. Математики обожают задачи по упаковке: что может быть интереснее, чем разбираться, что влезет, а что нет?

Как мы знаем по ситуациям с упаковкой в реальной жизни, самый важный фактор – это то, сколько всего нам нужно втиснуть. Критический показатель – отношение объема ваших предметов к объему емкости, или, говоря научным языком, *объемная доля*. Объемная доля определяет, можно ли произвольно запихивать предметы или нужно тщательно обдумывать, куда поместить каждый. Конечно, если общий объем предметов превышает общий объем емкости, то упаковать все не получится, как бы вы ни старались. Чем больше всего мы пытаемся упаковать в одном месте, тем теснее там становится и тем меньше вариантов расположения объектов без нарушения границ. И наоборот, чем свободнее шкаф, тем больше возможностей: при вместительном шкафе и небольшом количестве покупок легко протянуть руку и передвинуть или вынуть что-то определенное, больше ничего не трогая. Если места для всех покупок едва хватает, нам придется раскладывать их определенным образом на основе их размера и формы, чтобы дверца вообще закрылась.

И какое же это имеет отношение к еде и кулинарии? Мы

знаем, что все продукты состоят из множества молекул и частичек их ингредиентов. Эти молекулы и частички распределены по продукту, а свободное пространство между ними заполнено в основном водой или воздухом. И что самое главное – текстура зависит от того, насколько плотно упакованы ингредиенты. Чем больше объемная доля, тем тверже продукт.

В качестве иллюстрации рассмотрим врезку с базовым рецептом соуса маринара. Давайте детально разберем рецепт и решим, где же тут происходит упаковка. Первый шаг рецепта состоит в обжарке лука и чеснока в масле для извлечения вкусоароматических молекул, которые в воде не растворяются. Затем мы разминаем помидоры на мелкие кусочки, извлекая сок, и добавляем воду, еще сильнее разбавляя кусочки помидоров. Все это добавляется в лук и чеснок. С таким количеством добавленной воды кусочки помидоров упакованы не слишком плотно, соус жидкий и легко льется. Чтобы загустить его, мы варим его на слабом огне. Идея в том, чтобы испарить часть воды и сконцентрировать вкус. Вкусные кусочки помидоров не испаряются, так как они слишком тяжелые. По мере испарения воды кусочкам помидора становится все теснее, и соус густеет. В итоге кусочки оказываются достаточно плотно упакованными: к этому моменту соус загустел и его можно подавать. Добавление воды и последующее ее выпаривание позволили нам приготовить более густой соус и в то же время сделать его вкус более насыщенным – в каждой ложке соуса стало больше кусочков помидора.

СОУС МАРИНАРА

Соус маринара

Ингредиенты

1 банка (800 г) целых помидоров в собственном соку (желательно сорта «сан марцано», сладких «сливок» вытянутой формы)

1 стакан воды

1/4 стакана оливкового масла

1 тонко нарезанная луковица среднего размера

8 тонко нарезанных зубчиков чеснока

1 маленький сухой стручок чили или толченый красный перец по вкусу

1 ч. л. нейодированной соли

1 большая веточка свежего базилика

1/4 ч. л. сушеного орегано

Инструкции

1. Выложите помидоры с соком в большую миску и раздавите руками или ложкой. Вылейте воду в банку, чтобы собрать оставшийся томатный сок, и отставьте в сторону.

2. Нагрейте оливковое масло в большой сковороде на среднем огне и положите в него лук. Как только он немного размягчится, добавьте чеснок. Когда лук и чеснок начнут испускать сильный аромат (не давайте им подрумяниться), добавьте помидоры, а затем воду из банки. Доведите до слабого кипения, после чего приправьте острым перцем и солью.

3. Добавьте базилик и дождитесь, чтобы он привял, а потом перемешайте. Добавьте орегано.

4. Уварите соус до загустения (примерно 15 минут). Извлеките и выбросьте базилик и чили.

5. Подавайте соус теплым к пасте или смазывайте им тесто для пиццы. Его можно хранить в закрытой емкости в холодильнике до 4 суток.

* * *

Если бы мы продолжили варить этот соус, из него испарилось бы еще больше воды и в конце концов он превратился бы в томатную пасту. Это совершенно другая субстанция: ложка томатной пасты, выложенная на тарелку, сохранит свою форму и не растечется. Подумать только! Избавившись от достаточного количество воды, мы сделали томатный соус твердым веществом! Такое отвердение вызвано очень плотной упаковкой помидорных частиц. Если в некоем пространстве упаковано достаточно много объектов, может наступить момент, когда упакованные объекты слипнутся и больше не смогут двигаться. Ученые называют это максимально плотной упаковкой, и в случае такой упаковки вещество становится твердым. Уплотняя упаковку помидорных кусочков в воде, мы прошли весь путь от очень разбавленной жидкости до более густой, а потом и до твердого вещества, просто увеличивая количество помидорных кусочков на объем воды. Вот суть того, как в кулинарии упаковка определяет текстуру.

Жидкость превратилась в твердое вещество. Но когда именно это произошло? Есть ли некое волшебное число помидорных кусочков, которое требуется, чтобы соус стал твердым? Оно и правда есть. Чтобы к этому подойти, нам нужно потратить еще

немного времени на размышления о помидорных кусочках.

Объемная доля

Как в водянистом соусе, так и в томатной пасте количество помидоров не менялось, а вот количество воды – общий объем соуса – изменилось. В водянистом соусе маринара в объеме воды меньше кусочков, чем в густом соусе. Мы можем сказать, что *объемная доля* помидорных кусочков ниже.

Объемная доля – это отношение веществ (обычно твердых ингредиентов), которые вы смешиваете в рецепте, к общему объему. Общий объем – это всё, что у вас есть, то есть сумма объемов всех продуктов, которые вы разминаете, *плюс* объем чистой жидкости (как правило, воды). Чистая жидкость обеспечивает пространство для движения «материала». Когда в рецепте меняется объемная доля, вы манипулируете текстурой блюда. Помимо рецепта маринары, мы наблюдали это в рецептах карамели из главы 2. Там по мере повышения температуры из сахарного раствора испарялась вода и текстура карамели менялась.

Это очень простая идея, но не обманывайтесь: она весьма глубока и поможет вам понять многое о том, как работают рецепты. Вот уравнение, которое ее суммирует:

$$\text{Объемная доля} = \frac{\text{Объем материала}}{\text{Объем материала} + \text{Объем воды}}$$

При такой записи становится ясно, что у нас есть два пути воздействия на объемную долю: либо за счет изменения объема материала, либо за счет изменения объема воды, в котором материал двигается. Это действительно просто – но не так просто, как может показаться. В рецептах соуса маринара и карамели мы изменяли объемную долю с помощью кипячения смеси и испарения воды. Объемная доля увеличилась, потому что мы уменьшили объем воды. Но могли просто увеличить объем добавленных помидорных кусочков или сахара.

Теперь мы можем вернуться к вопросу, когда именно соус маринара стал твердым веществом. Ответ достаточно универсален и не зависит от того, что именно вы готовите. Он верен и для помидорных частичек в маринаре, и для муки в стакане, и для частиц сои в тофу: для практических целей можно считать, что плотная упаковка возникает, когда объемная доля материала будет между 65 и 70 %. До этого момента томатный соус вязкий и текучий, а чтобы он стал твердым, нужно выпарить

столько воды, чтобы помидорные кусочки заняли больше 65 % общего объема. Это имеет важные следствия для кулинарии. И оказывается полезным в другие критические минуты – например помогает победить в популярном конкурсе «Угадай, сколько конфеток в банке». Когда банка полна и конфетки больше не перекатываются, вы можете уверенно сказать, что объемная доля находится в районе 65–70 %. А это означает, что примерно 30 % банки заполнено воздухом! Посмотрите врезку про M&M's, чтобы лучше разобраться в этом – и в понятии упаковки.

M&M's В БАНКЕ

Сколько мармеладок «джелли бинз» в банке? Зная про объемные доли и плотную упаковку, мы теперь можем это прикинуть. В данном случае мармеладки пакуются не идеально из-за их формы, так что конфетами заполнено приблизительно 70 % объема банки. Остальное – это воздух между мармеладками.

Можно исследовать, как форма влияет на упаковку, заполнив банки другими видами конфет. Которая из форм пакуется плотнее? Шарики, например жвачка, пакуются хуже, чем конфеты другой формы, например M&M's и бобы «джелли бинз». Причина в том, что конфеты могут поворачиваться и втискиваться в имеющееся пространство более узкой стороной. Обратите внимание на различное положение M&M's в правой банке. А вот сфера – такая как шарик жвачки – всегда одного размера, как ее ни крути. Вы можете сами в этом убедиться, поставив следующий опыт. Наполните две банки конфетами разного вида и поставьте каждую на весы. Обнулите тару. Теперь вливайте воду, пока она не покроет конфеты полностью – иначе говоря, пока все воздушные промежутки между ними не заместятся водой. Весы покажут вам, сколько воды вы добавили, а зная общий объем банки, вы сможете вычислить объемную долю конфет. Попробуйте доказать, что сферы потребуют большего количества воды! Только не рассчитывайте на то, чтобы потом съесть сладости: поскольку они состоят в основном из сахара, а сахар легко растворяется в воде, ваши разноцветные конфетки, скорее всего, превратятся в неаппетитную коричневую замазку.

Джелли бинз

Жвачка (шарики)

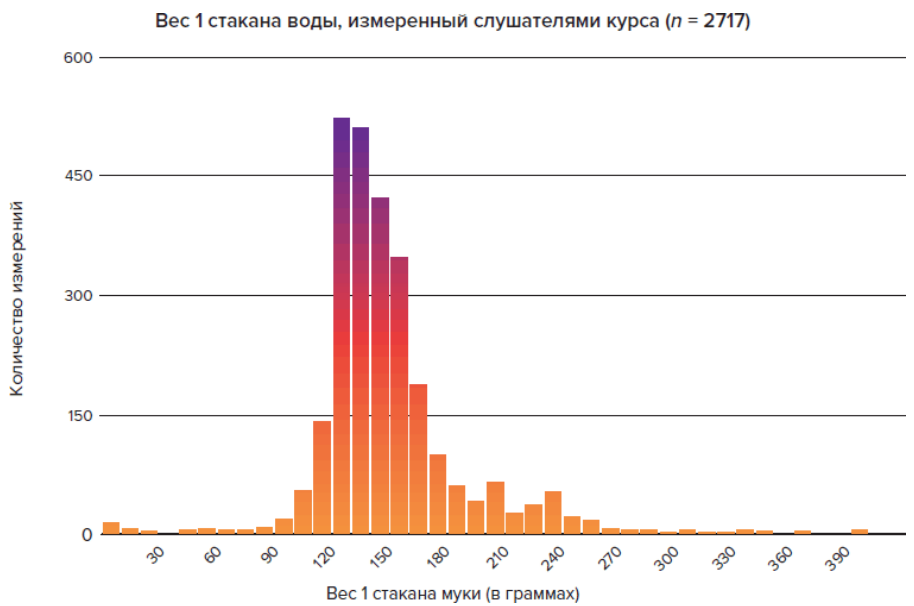
M&M's

* * *

Прежде чем двигаться дальше, давайте еще немного поговорим об упаковке. Оказывается, совершенно не обязательно ввязываться в долгий процесс варки соуса маринара, чтобы столкнуться с этим принципом в кулинарии. На самом деле достаточно просто отмерить стакан муки. Мука, как вы знаете, состоит из крошечных частиц. Когда вы зачерпываете муку из пакета, чтобы наполнить стакан, частицы в него упакуются, но сколько именно муки вы получите, полностью зависит от того, насколько плотно они это сделают. Во врезке видно, как сильно может варьировать количество муки в этом опыте, проделанном людьми по всему миру.

УПАКОВКА МУКИ

Казалось бы, «1 стакан муки» – вполне определенная мера, поскольку ее часто используют в рецептах, но это не совсем так. Значение может сильно отличаться в зависимости от того, насколько плотно упакованы частицы муки. На онлайн-занятии мы попросили почти 3000 человек по всему миру отмерить стакан муки, а потом ее взвесить. На диаграмме виден диапазон результатов. У большинства в стакане оказалось 130–160 граммов, но у некоторых получалось меньше 90, а у кого-то – больше 250!



В кулинарных книгах – и в особенности книгах по выпечке – часто советуют взвешивать ингредиенты, а не отмерять их объем. Например, производитель King Arthur Flour Company говорит, что для их рецептов 1 стакан следует понимать как 120 граммов. Если вы раньше игнорировали этот совет, то наш график заставит вас передумать: стакан муки может означать очень разное количество в зависимости от того, кто проводит измерение. Секрет в упаковке. Возможно, вы замечали, что, если при наполнении мерной посуды вы постукиваете ею о стол, в нее можно вместить больше муки, хотя исходно она и могла казаться полной. Небольшое перемещение, вызванное постукиванием, помогает частицам расположиться плотнее. Если вы пользуетесь весами, всегда получаете одно и то же количество частиц муки, независимо от плотности их упаковки. К счастью для нас, многие рецепты все равно работают: они настолько просты и надежны, что точные количества здесь не важны.

Вы получили представление о двух основных принципах, которые определяют текстуру в жидких и твердых продуктах: управление упаковкой и управление сетью, которую образуют различные полимеры. Далее обнаружится немало деталей – и, как это часто бывает, именно в них вся прелесть. Упаковка может происходить очень по-разному в зависимости от ингредиентов и условий. Аналогично сети могут обладать различными свойствами в зависимости от типа полимера. Часто текстура блюда определяется сочетанием обоих принципов. Тем не менее вы убедитесь, что эти два понятия лежат в основе большей части

превращений, которые мы наблюдаем в кулинарии. Они – два основных регулятора, с помощью которых мы можем влиять на текстуру того, что готовим. На рисунке 1 показано, как эти принципы выглядят на молекулярном уровне.

А теперь давайте обратимся к деталям. Начнем с вязких веществ, а затем перейдем к твердым.

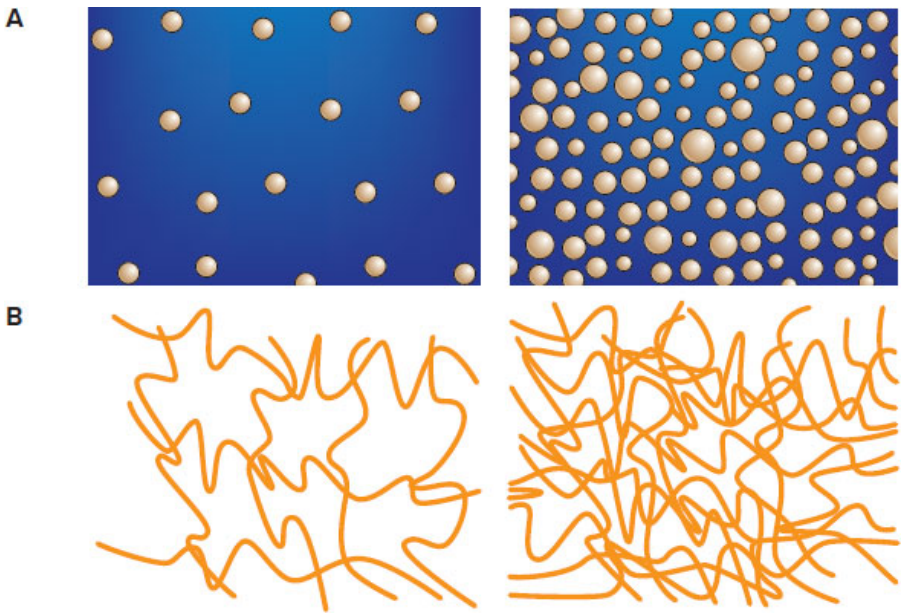


РИСУНОК 1

Две основные составляющие текстуры – упаковка и полимеры. Чем плотнее упаковка или сеть полимеров, тем гуще или тверже будет получаемое вещество.

(A) Свободно расположенные частицы (слева) и плотно упакованные частицы (справа).

(B) Редкая полимерная сеть (слева) и плотная полимерная сеть (справа).

Вязкость

Жидкость – вещество, способное течь и наполнять емкость. Понятие вязкости позволяет численно выразить то, насколько *быстро* течет жидкость или, если выразиться иначе, ее способность сопротивляться течению. Жидкость с высокой вязкостью течет медленно, жидкость с низкой – быстро.

Как вы могли догадаться, суть этой идеи объясняется через понятие упаковки, но на сей раз это упаковка молекул, а не помидорных кусочков. Если вы бредете через бассейн с шариками, пластиковые шарики должны отодвигаться в стороны и перекатываться друг через друга, давая вам проход. В бассейне с водой молекулы воды также должны раздвигаться, чтобы вода вас обтекала. Если шарики или молекулы не способны легко сдвигаться, то течение затруднено и вязкость увеличивается. Это может происходить по двум причинам. Первая: молекулы, из которых состоит жидкость, увеличиваются в размере или становятся более сложными, из-за чего они смещаются относительно друг друга медленнее. Так бывает в случае растительного масла, которое течет медленнее, чем вода, и, следовательно, является более вязким. Действительно, молекулы, из которых состоит растительное масло, гораздо крупнее молекул воды. Вторая причина: добавление в жидкость (а это почти всегда вода) молекул или частиц. Когда частицы или молекулы плотно упакованы, им труднее двигаться относительно друг друга – и вязкость увеличивается. Чем легче частицам перемещаться, тем лучше течет вещество – и тем ниже его вязкость. Подразумевается, что чем больше объемная доля, тем выше вязкость. Молоко ощущается чуть более вязким, чем вода, потому что в нем взвешены крошечные капельки жира. Капельки жира все равно легко двигаются, и потому молоко льется относительно легко. Наш язык очень чувствителен: цельное молоко содержит всего 3–4 % жира, однако этого достаточно, чтобы мы ощутили разницу между ним и водой. Жирные сливки, которые содержат 35 % жира или больше, еще более вязкие.

Пять способов увеличения вязкости

Теперь мы узнали, что такое вязкость, – но как ею манипулировать при готовке? Кажется, это просто: нужно либо изменить объемную долю ингредиентов в блюде, либо создать или изменить какую-то полимерную сеть. Понизить вязкость легко: просто добавь воды! (Учтите, что ни одна жидкость из тех, что мы едим, не имеет вязкость ниже, чем у воды.) Однако недостаток этого способа в том, что вкус будет разбавлен. Если вы возьмете ваш вкусный, но слишком густой соус и просто нальете в него воды, вы приглушите его вкус. По этой причине повара ищут способы изменить вязкость блюда, сохраняя или даже усиливая его вкус и аромат. Есть множество способов этого добиться. Все эти способы можно объединить в пять основных категорий: (1) уваривание, (2) добавление материала, (3) создание эмульсии, (4) создание полимерной сети из имеющихся ингредиентов и (5) использование современных загустителей.

Давайте разберемся в научных основах каждого из этих методов.

Уваривание

Уваривание усиливает вкус и аромат. Этот метод основан на увеличении концентрации частиц в жидкости за счет испарения при кипячении, в результате чего жидкость приобретает желаемую густоту. Это загущение объясняется увеличением плотности упаковки молекул или частиц в соусе. Примером такого метода был соус маринара. Еще один пример – уваривание красного вина в винном соусе. Один из недостатков этого метода в том, что на выпаривание достаточного количества жидкости для заметного увеличения густоты может уйти немало времени. Например, в винном соусе частиц вина изначально очень немного, так что для значительного загустения часто приходится выпаривать более 90 % жидкости, а это, конечно, небыстрый процесс. Если в жидкости частиц еще меньше, чем в вине, то метод упаривания не особенно эффективно увеличивает густоту.

Добавление материала

Второй способ загустить жидкость – что-то в нее добавить. Добавлять можно самые разные продукты: кусочки помидоров,

сахар, как в рецепт карамели, – да все что угодно. Если это увеличивает объемную долю, то повышает вязкость.

Иногда сам процесс приготовления может увеличить объем продукта! Давайте проиллюстрируем это классическим рецептом ризотто.

РИЗОТТО

Ризотто

Ингредиенты

41/2 стакана куриного бульона

3 ст. л. оливкового масла

4 ст. л. сливочного масла

3/4 стакана мелко порубленного репчатого лука

1 стебель порея (только белая часть), мелко нарезать

4 мелко порубленных пера зеленого лука (белую и зеленую части резать отдельно)

2 стакана риса арборио

1/3 стакана сухого белого вина или вермута

1/3 стакана тертого пармезана

1 ст. л. мелко порубленной петрушки

Соль и молотый черный перец по вкусу

Инструкции

1. В сотейнике среднего размера нагрейте бульон до слабого кипения. Уменьшите огонь настолько, чтобы бульон просто оставался горячим.

2. На среднем огне нагрейте оливковое масло и 2 столовые ложки сливочного в большой глубокой сковороде с толстым дном. Когда сливочное масло растает, положите репчатый лук и доведите до размягчения (около 4 минут). Добавьте порей и белую часть зеленого лука и жарьте, пока они не подрумянятся (еще минут 6).

3. Всыпьте рис и мешайте, пока он не поджарится (1–2 минуты).

4. Влейте вино и держите на огне, пока оно не впитается полностью.

5. Влейте половник горячего куриного бульона – столько, чтобы рис был едва покрыт жидкостью, – и продолжайте варить и мешать, пока он не впитается.

6. Повторяйте шаг 5 до полной готовности риса (16–20 минут). Рис должен быть мягким, но плотным.

7. Снимите сковороду с огня и вмешайте оставшиеся 2 столовые ложки сливочного масла, половину пармезана, зеленый лук и петрушку. Приправьте солью и перцем по вкусу.

8. Подавайте сразу же в мисках, выставив оставшийся сыр для посыпки.

Основанный на повторении процесс приготовления ризотто с добавлением небольшого количества жидкости за один прием позволяет вам контролировать текстуру риса и соуса. При добавлении бульона рис отдает крахмал, который делает соус гуще (за счет увеличения объемной доли).

* * *

Шеф-повар Лидия Бастианич, принявшая участие в нашем курсе, приготовила ризотто. Она использовала классический метод, сходный с тем, который дан во врезке. Классическое ризотто начинается с поджаривания риса, а потом мы постепенно вливаем горячий бульон – столько, чтобы только покрыть зерна, – и постоянно помешиваем. После того как вся жидкость впитывается и выкипает, добавляется новая порция, половник за половником, и так до тех пор, пока рис не проварится. Это долгий процесс, идеально подходящий для того, чтобы расслабиться и поболтать за бокалом вина – или же обсудить научные вопросы, что мы и делали на занятии, пока аудитория заполнялась чудесным ароматом, который заставил нас всех страшно проголодаться.

Рис имеет удивительную способность поглощать воду. По мере добавления бульона, порция за порцией, он медленно разбухает. Это увеличивает его общий объем. По сути, вы делаете ризотто гуще, позволяя уже имеющемуся материалу расширяться. К тому же рис отдает крахмал жидкости. Крахмал состоит из очень маленьких зерен, а когда эти зерна выделяются из риса, они набухают и делают жидкость еще гуще, добавляя материал. Есть несколько причин, по которым в этом рецепте требуется подливать жидкость понемногу. Одна состоит в том, что благодаря постепенному добавлению бульона крахмал хорошо распределяется и эффективно загущает соус, не образуя комков. Еще одна причина связана с тем, что рис не всегда одинаковый. Содержание крахмала, зрелость и содержание воды зависят как от данной партии, так и условий хранения. При постепенном добавлении бульона вы лучше контролируете конечную текстуру. Проще долить бульона, чем загустить блюдо после того, как рис

сварился аль денте.

В этом рецепте объемная доля «материала» увеличивается по трем причинам. Во-первых, объем самого риса увеличивается, так как при нагревании он разбухает. Во-вторых, вода испаряется. В-третьих, зерна крахмала из риса *сильно* разбухают: радиус зерна крахмала способен увеличиться в три раза. Это значит, что его объем при этом увеличивается в 30 раз. Но эффект еще больше: зерна крахмала имеют тенденцию соединяться в слабые структуры. Объем этих структур состоит из их собственного объема *плюс* вся та вода, которая в них заключена. В результате объемная доля частиц опять-таки увеличивается. Итерация всех этих факторов в итоге дает чудесное кремовое ризотто.

Волшебная способность крахмала загущать жидкости – очень полезный фокус, который широко используется в кулинарии. Существует много разновидностей загустителей на основе крахмала, начиная с муки и заканчивая кукурузным крахмалом и аррорутом, и каждый обладает своими уникальными свойствами. Крахмалы часто добавляют в виде ру, пасты, представляющей собой смесь крахмала и жидкости, основы для густых соусов к пасте, стир-фраю и многим другим блюдам. Главный недостаток крахмальных загустителей в том, что для заметного увеличения густоты их приходится использовать в довольно больших количествах: для типичного белого соуса требуется примерно по 1/4 стакана муки на каждый стакан молока. В результате продукт разбавляется, и вкус нередко становится менее выразительным.

Густота соуса часто определяется совокупностью различных ингредиентов и контролируется с помощью добавления других продуктов, таких как крахмал. В качестве примера рассмотрим врезку о макаронах с сыром, где вам предлагается эксперимент по определению влияния ингредиентов (не только крахмала, но и сыра, сливочного масла и молока) на вязкость.

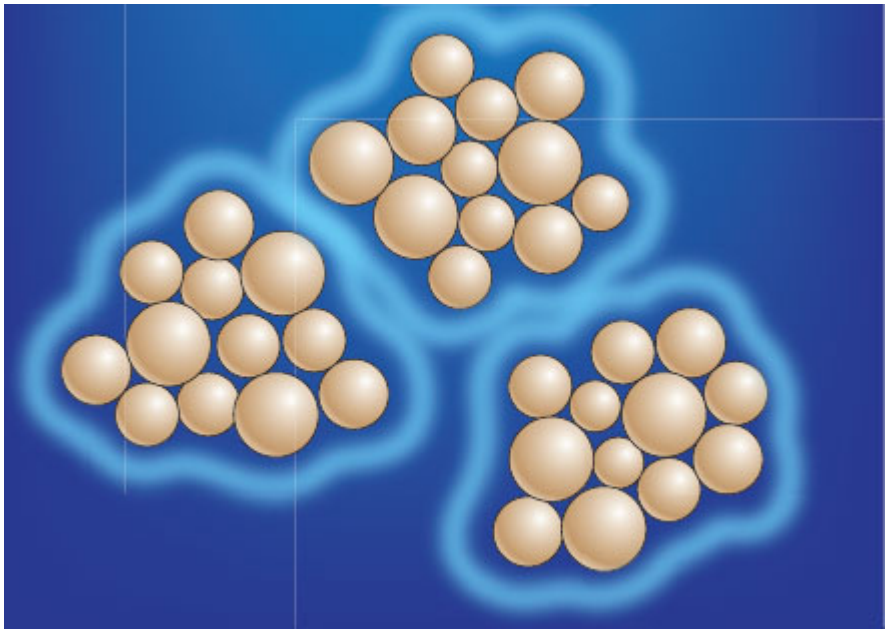


РИСУНОК 2

Крахмал – отличный загуститель по нескольким причинам. Зерна крахмала не только разбухают при гидратации и нагревании, занимая больший объем, но и образуют слабые структуры, в эффективную объемную долю которых входят как сами зерна, так и раствор. Это еще больше увеличивает объемную долю. И наконец, зерна крахмала выделяют полимеры, которые также повышают вязкость, создавая полимерную сеть (здесь не показано).

МАКАРОНЫ С СЫРОМ

Макароны с сыром

Ингредиенты

450 г пасты маккерони (рожков)
1 ст. л. оливкового масла
2 ст. л. сливочного масла
1 ст. л. пшеничной муки
1 стакан цельного молока
1/2 стакана (115 г) американского сыра[9]
1/2 стакана (115 г) плавленого сыра Velveeta

Инструкции

1. На сильном огне вскипятите воду в большой кастрюле. Сварите макароны аль денте (минут 10), слейте воду. Добавьте оливковое масло и тщательно перемешайте, чтобы рожки не слиплись.

2. Тем временем на слабом огне растопите в кастрюльке сливочное масло для соуса.

3. Добавьте муку и мешайте венчиком, пока все комки не разойдутся.

4. Постепенно вбейте молоко.

5. Добавьте сыры и варите, помешивая, пока соус не загустеет.

6. Снимите с огня и смешайте соус с пастой.

ВЯЗКОСТЬ СЫРНОГО СОУСА

В рецепте макарон с сыром все ингредиенты дают соус с идеальной вязкостью: достаточно густой, чтобы налипать на пасту, и все-таки достаточно жидкий, чтобы течь. Чтобы определить, как каждый ингредиент влияет на вязкость, можно поставить следующий опыт. Сварите сырный соус, как указано в рецепте, а потом приготовьте еще три варианта: один – без муки, второй – без сыра, а третий – без сливочного масла. Вы даже можете попробовать приготовить один соус без молока, но он окажется настолько густым, что почти не будет течь, так что мы советуем сосредоточиться на остальных ингредиентах.

Инструкции

1. Наполните высокий стакан или мерную емкость сваренными макаронами на 3/4.

2. Приготовив один из соусов, снимите с огня и сразу же замерьте его температуру (температура влияет на вязкость, так что нужно проследить, чтобы у всех четырех она была примерно одинаковой).

3. Сразу же залейте соус через воронку в стакан с макаронами и включите таймер. Благодаря воронке соус будет течь по макаронам, а не по стенкам стакана.

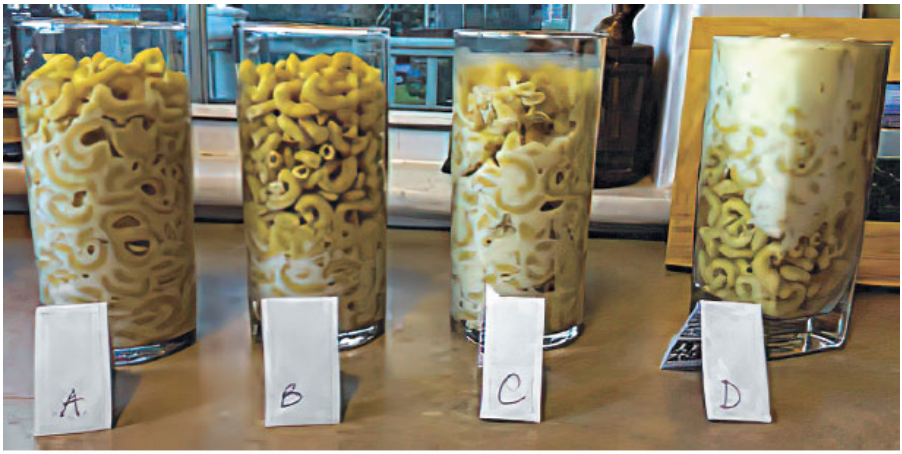
4. Чтобы вычислить скорость движения, замерьте, как глубоко прошел соус, и запишите время, за которое он это сделал. Например, если соус прошел до самого низа, измерьте высоту стакана и разделите на время, которое ушло на то, чтобы соус туда попал, – это и будет скорость движения.

5. Повторите с тремя оставшимися вариантами соуса. Обратите внимание на то, что некоторые виды соуса дойдут до

дна стакана, а некоторые – нет. Если соус слишком сильно остынет, можно осторожно подогреть его до той температуры, которую вы записали.

Вопросы

Когда опыт будет завершен, попробуйте ответить на следующие вопросы: у какого соуса была наибольшая скорость течения (самая низкая вязкость)? У какого была самая низкая скорость? Какой ингредиент наименее важен для итоговой вязкости соуса? Какой наиболее важен? Как температура влияет на вязкость? Если использовать уравнение объемной доли, то как скорость движения соотносится с объемной долей каждого ингредиента?



(A) Без муки (B) Без сыра (C) Без масла (D) Все есть

На фотографиях изображены четыре варианта соуса для макарон с сыром, и в трех опущен какой-то один ингредиент. Классический рецепт соуса – D, но варианты без муки, сыра и сливочного масла помогают понять, как каждый из ингредиентов влияет на итоговую вязкость. У соуса B, в котором нет сыра, вязкость самая низкая. Он не сцепляется с пастой и стекает на самое дно стакана. Это говорит нам, что сыр – тот ингредиент, который сильнее всего влияет на вязкость. Отсутствие муки (соус A) и сливочного масла (соус C) сказывается на результате похожим образом. В варианте D, где есть все ингредиенты, мука, сыр и сливочное масло дают вязкий соус, который облепляет пасту. Выражаем благодарность karen_127 (одной из участниц онлайн-курса), которая поставила этот эксперимент у себя на кухне в качестве домашнего задания.

Эмульсии

Третий способ загустить жидкость – превратить ее в эмульсию. Поскольку большинство продуктов имеют в своей основе воду, для этого обычно требуется добавить жир, такой как сливочное или растительное масло, а затем «разбить» одну жидкость на крошечные капельки, которые будут плавать во второй жидкости. Это создает ситуацию, сходную с использованием крахмала: капельки одного ингредиента внутри другого замедляют течение жидкости. Для многих соусов, основанных на эмульсиях, например голландского и бёр-блан, сливочное масло вводится в воду, вино или уксус, что дает капельки молочного жира в жидкости. С точки зрения загущения эти капельки работают точно так же, как разбухшие зерна крахмала, хотя научный принцип в основе этого явления иной. Поскольку понятие эмульсии для кулинарии настолько важно, мы более пристально рассмотрим их в главе 6. Пока же, если у вас есть желание восхититься какой-нибудь эмульсией, предлагаем вам опробовать рецепт голландского соуса от талантливого испанского шеф-повара Нанду Жубани из мишленовского ресторана Can Jubany в Вике. Удивительно: в начале у нас две жидкости, а в конце – густой, почти твердый соус.

БЕЛАЯ СПАРЖА ПОД ГОЛЛАНДСКИМ СОУСОМ AU GRATIN ОТ НАНДУ ЖУБАНИ

Белая спаржа под голландским соусом au gratin

Ингредиенты

16 очищенных побегов белой спаржи
2 крупных желтка
Сок 1/2 лимона (20 мл)
160 г топленого сливочного масла[10]
Соль
Молотый белый перец
15 г мелко нарезанного шнитт-лука

Инструкции

1. Наполните большую кастрюлю подсоленной водой.

2. Свяжите ростки спаржи в пучок верхушками в одну сторону. Опустите его в кастрюлю верхушками вверх: вода должна почти покрывать их.

3. Доведите воду до кипения и варите, пока спаржа не станет

чуть нежнее. Время варки будет зависеть от свежести, возраста и места выращивания спаржи, так что вам может потребоваться от всего 4 минут для очень молодой спаржи вплоть до 25 минут для более жестких побегов.

4. Выключите нагрев и оставьте спаржу в кастрюле с водой.

5. Нагрейте топленое сливочное масло до 60 °C.

6. В небольшой жаропрочной миске смешайте желтки и лимонный сок.

7. Поставьте миску на водяную баню и взбивайте до получения густой кремовой массы. Когда температура дойдет до 60 °C, начните постепенно вбивать подогретое масло. Если эмульсия начнет расслаиваться, вбейте 1–2 чайные ложки воды из-под спаржи.

8. Когда все сливочное масло будет добавлено, попробуйте соус, приправьте солью и белым перцем, вмешайте шнитт-лук. Оставьте соус на водяной бане с температурой 30 °C.

9. Разрежьте все побеги спаржи на четыре части и выложите в глубокую миску, полив ложкой теплого отвара.

10. Выложите сверху голландский соус и подрумяньте кулинарной горелкой.

Рецепт и изображение предоставлены Нанду Жубани

Полимерные сети из имеющихся ингредиентов

Процесс приготовления часто заставляет пищевые продукты выделять полимеры, что изменяет текстуру. Мы уже видели, как нагрев крахмала заставляет его разбухать и образовывать сгустки. Однако это не все: при нагревании зерна крахмала выделяют крахмальные полимеры в виде длинных углеводных цепочек. Цепочки могут переплетаться и образовывать сети, которые еще сильнее загущают блюдо.

Это явление наблюдается в приготовлении многих блюд. В

качестве примера давайте рассмотрим рецепт поразительной мясной подливки от шеф-повара Карме Рускайеды. Карме берет для нее засоленные свиные кости, которые запекает в духовке. По прошествии половины времени запекания она вливает немного вина. Спустя еще какое-то время она вынимает кости, добавляет в форму немного воды и ставит ее на плиту, чтобы в основу соуса попали все прижарившиеся кусочки. Затем снова заливает этой жидкостью кости и варит, пока кости не отдадут весь свой вкус и аромат, а бульон не уварится. Затем процеживает бульон и уваривает его на плите, пока он не превратится в соус нужной густоты.

Это чудесный пример уваривания. Каждый из трех этапов процесса по-своему влияет на вкусоароматические характеристики подливки, но на каждом жидкость становится чуть гуще, чем была перед этим. Однако помимо уваривания в этом рецепте действует полимер желатин. Желатин – белковый полимер, который получается при разрушении коллагена, содержащегося в коже, костях и суставах животных. Он образует сеть (как вы уже могли предположить), которая вносит свой вклад в густоту соуса. Вкупе с частицами вещества от вина и костей это дает необычайно вкусный и идеально вязкий соус. Тот же принцип лежит в основе многих мясных рагу. Конечно, не все продукты содержат желатин или крахмал, что подводит нас к пятому, и последнему, методу загущения соусов.

Современные загустители

Что делать, если в продукте исходно полимеров нет, а вам все равно хотелось бы сделать блюдо гуще? К счастью, для этих целей из растений и животных… и даже микробов… выделено большое количество полимеров. Мы часто называем эти виды полимеров современными загустителями, хотя в их использовании нет ничего нового: их многие тысячи лет добавляли в блюда различных кухонь. Это великолепные загустители, потому что они работают даже в самых маленьких количествах. Это решает многие проблемы, с которыми мы уже сталкивались. Они не разбавляют вкус, как это делают загустители на основе крахмала. И не требуют долгого приготовления, как загущение посредством уваривания. И наконец, не нужно добавлять много жиров, как при эмульгировании. Если вы как повар стремитесь сохранить вкус и аромат, современные загустители – просто дар небес.

Ученые часто называют эти загустители гидроколлоидами. На самом деле это просто умное название особого типа

полимеров, которым нравится быть в воде. Их название – корень – *гидр-*, «вода», сложенный с корнем – *коллоид-*, – так называют смесь частиц с другим веществом, когда частицы хорошо распределены, но не растворены в нем. Гидроколлоиды обычно бывают белками или углеводами. Мы уже сталкивались с ними в виде желатина из мясной подливы Карме, а стоит вам начать их искать, и вы обнаружите их во многих блюдах.

Как полимеры могут загустить блюдо, не заполнив при этом большее пространство? Если коротко, дело в том, что они распределяются и занимают большие объемы, а также переплетаются с другими полимерами. Чтобы получить более подробный ответ, давайте посмотрим, как полимер выглядит в растворе. Полимер – очень длинная молекула, составленная из большого количества более мелких мономеров. Связь между каждыми парами мономеров способна загибаться практически в любую сторону, что делает полимеры очень гибкими. Где мы уже сталкивались с таким движением в любую сторону? Правильно: при случайном блуждании. Действительно, оказывается, что полимер, растворенный в воде, будет выглядеть очень похоже на траекторию такой молекулы. Представьте, что, если вы проследите случайное блуждание иона кальция, в результате получите структуру, похожую на полимерную, в которой каждый шаг будет соответствовать одному мономеру. На самом деле случайное блуждание полимера даже шире диапазона движений иона кальция, потому что ион может оказаться в одном и том же месте несколько раз, а вот полимер блокируют его собственные мономеры. В результате длинный полимер будет занимать большое пространство просто за счет того, как он располагается в растворе. Что еще важнее, при увеличении концентрации молекулы полимера перестают отделяться друг от друга и, наоборот, переплетаются так, что одна молекула полимера пересекается в пространстве со многими другими. Когда они текут, то уже не могут двигаться мимо друг друга: они перепутаны и тормозятся. Это очень похоже на альгинатный гель, с которым мы уже сталкивались, только в данном случае, в отличие от альгината, постоянных связей не образуется. Тем не менее переплетения сильно замедляют течение, так что вязкость может значительно увеличиться. Это может произойти даже при добавлении небольшого количества загустителя.

В современной кулинарии используются многочисленные гидроколлоиды, причем желатин – один из самых популярных, поскольку получается естественным путем из распадающегося при варке костей коллагена. Однако это только верхушка айсберга. Врезка демонстрирует, как шеф-повар Хосе Андрес из

знаменитой сети ресторанов (один из которых – Jaleo) использует действие нескольких разных гидроколлоидов для создания замечательного десерта.

МИНДАЛЬНЫЙ ТОРТ ОТ ХОСЕ АНДРЕСА

Миндальный торт

Ингредиенты

Миндальный бисквит (рецепт см. далее)
Пропитка «Амаретто» (рецепт см. далее)
Миндальная оболочка (рецепт см. далее)
Миндальная пена (рецепт см. далее)
Пюре из черного чеснока
Порубленный и обжаренный миндаль «маркона»
Виноградные сферы (рецепт см. далее)
Жидкий гель из хереса (рецепт см. далее)

Инструкции

1. Смажьте треугольник бисквита пропиткой «Амаретто».
2. Наполовину заполните каждую оболочку миндальной пеной, начиная с углов, чтобы слой был ровным.
3. Отсадите на пену пюре из черного чеснока в виде буквы «М».
4. Выложите в оболочку еще немного пены, оставив достаточно места для бисквита (около 10 мм).
5. Покройте слоем кусочков обжаренного миндаля «маркона», а потом накройте пропитанным треугольником бисквита.
6. Переверните торт на охлажденную тарелку.
7. Украсьте тремя золотыми виноградными сферами.
8. Отсадите три капли геля из хереса справа от торта.

Рецепт предоставлен мини-баром Хосе Андреса, фотография © Peter Frank Edwards

Миндальный бисквит

Ингредиенты

160 г миндаля «маркона»
250 г яичных белков
160 г желтков
120 г сахара
40 г пшеничной муки
Щепотка нейодированной соли

Инструкции

1. Разогрейте духовку до 170 °C. Застелите противень пергаментной бумагой.

2. Разложите миндаль по противню и обжаривайте в духовке 10–12 минут, до золотисто-коричневого цвета и выраженного аромата. Дайте полностью остыть.

3. В мощном стационарном блендере перемелите миндаль с белками, желтками, сахаром, мукой и солью в однородное жидкое тесто.

4. Пропустите через мелкое сито и оставьте на ночь в холодильнике.

5. Налейте в литровый сифон 300 г миндального теста, зарядите двумя баллончиками закиси азота и энергично встряхните.

6. Сделайте по нижнему краю полулитровых пластиковых стаканчиков четыре небольших разреза (на 3, 6, 9 и 12 часов),

чтобы при выпекании пар мог выходить наружу.

7. Отсадите в каждый надрезанный стаканчик по 50 г миндального теста.

8. Выпекайте в микроволновке в течение 56 секунд.

9. Дайте бисквитам постоять 5 минут: они немного остынут и станут плотнее.

10. Извлеките бисквиты из стаканчиков и разрежьте на треугольники (по размеру дна миндальной оболочки).

Пропитка с «Амаретто»

Ингредиенты

100 г миндального молока (рецепт см. далее)
50 г «Амаретто» Luxardo
0,75 г нейодированной соли

Инструкции

Смешайте все ингредиенты.

Миндальная оболочка

Ингредиенты

0,8 г ксантановой камеди
600 г миндального молока (рецепт см. далее)
140 г жирных сливок
3 г нейодированной соли
Жидкий азот

Инструкции

1. Застелите противень с бортиками чистым кухонным полотенцем и поставьте в морозильник.

2. Погружным блендером смешайте ксантановую камедь с миндальным молоком до загустения. Введите сливки и посолите.

3. Налейте жидкий азот в форму, чтобы ее заморозить. Вылейте излишки.

4. Заполните форму доверху миндальной смесью и оставьте на 10 секунд, чтобы она застыла.

5. Переверните и вылейте излишки смеси, чтобы в форме осталась только тонкая оболочка. Маленькой спатулой зачистите края формы.

6. Вылейте в форму еще немного жидкого азота, чтобы ускорить замораживание, но не слишком много, чтобы оболочка

не растрескалась.

7. Верните форму на несколько минут в морозильник, чтобы оболочка точно полностью заморозилась.

8. Осторожно извлеките оболочку из формы и переложите на замороженный противень, выстланный полотенцем.

Миндальная пена

Ингредиенты

500 г миндального молока (рецепт см. далее)

2 размягченных листа «серебряного» желатина[11] (замочить в холодной воде на 5–10 минут, затем отжать)

2,5 г нейодированной соли

Инструкции

1. Нагрейте 50 г миндального молока до 70 °C.

2. Снимите с огня и добавьте желатин. Перемешайте до растворения.

3. Тщательное вмешайте оставшиеся 450 г миндального молока.

4. Посолите. Уберите в холодильник. Перед сборкой смесь нужно взбить.

Виноградные сферы

Ингредиенты

150 г виноградного сока (рецепт см. далее)

4,5 г глюконолактата (смесь лактата кальция и глюконата кальция)

0,5 г ксантановой камеди

Золотой краситель

Альгинатная ванна (см. далее)

Инструкции

1. Отмерьте 75 г виноградного сока, остальной оставьте, чтобы потом положить в него готовые сферы.

2. Погружным блендером введите в сок глюконолактат до полного диспергирования.

3. Добавьте ксантановую камедь и пробейте до загустения.

4. Добавьте золотой краситель и снова пробейте.

5. Дайте смеси постоять 10 минут, затем снова пробейте блендером для гомогенизации.

6. Перелейте смесь в емкость и вакуумным упаковщиком удалите пузырьки воздуха.

7. Аккуратно опускайте капли объемом 1/4 чайной ложки в альгинатную ванну и выдерживайте 10–15 секунд для образования оболочки (она должна быть довольно тонкой). Шумовкой осторожно извлеките готовые сферы из альгинатной ванны и переложите в миску с чистой фильтрованной водой, чтобы смыть излишки альгината.

8. Промытые сферы переложите в оставленный виноградный сок.

Альгинатная ванна

Ингредиенты

5 г альгината

1 л фильтрованной воды

Инструкции

1. Погружным блендером вбивайте альгинат в воду до полного диспергирования.

2. Процедите смесь через мелкое сито.

3. Оставьте смесь в холодильнике на ночь, чтобы из нее ушли все пузырьки воздуха.

Жидкий гель из хереса

Ингредиенты

50 г уксуса из хереса Cepa Vieja

0,3 г ксантановой камеди

200 г миндального молока (рецепт см. далее)

3,5 г нейодированной соли

Инструкции

1. Погружным блендером загустите уксус ксантановой камедью.

2. Медленно введите загущенный уксус в миндальное молоко, пробивая блендером.

3. Посолите.

4. Вакуумным упаковщиком удалите пузырьки воздуха.

5. Держите гель в пластиковом дозаторе для соусов.

Виноградный сок

Ингредиенты

500 г белого винограда «химрод» без веточек
0,2 г аскорбиновой кислоты
0,4 г яблочной кислоты
0,2 г нейодированной соли

Инструкции

1. Промойте виноград в ледяной воде, чтобы удалить всю грязь и налет. Выбросьте потемневшие или помятые ягоды. Удалите черные пятнышки вокруг стеблей. Просушите в сушилке для салата.
2. Выжмите из винограда сок в шнековой соковыжималке в емкость с 0,1 г аскорбиновой кислоты.
3. Процедите сок через сито Superbag[12] или тонкое льняное полотенце в другую емкость с 0,1 г аскорбиновой кислоты.
4. Добавьте яблочную кислоту и соль.

Миндальное молоко

Ингредиенты

2 кг миндаля «маркона»
2 кг фильтрованной воды

Инструкции

1. Перемелите миндаль с водой в мощном кухонном комбайне.
2. Выдержите смесь в холодильнике в течение ночи.
3. На следующий день снова перемелите смесь в комбайне.
4. Пропустите смесь через шнековую соковыжималку, чтобы получить миндальное молоко.
5. Процедите через сито Superbag или тонкое льняное полотенце.
6. Отожмите молоко из оставшейся мякоти.

Твердые продукты и упругость

До настоящего момента мы обсуждали только жидкие продукты. А как насчет твердых? Материал становится твердым, когда его объемная доля достаточна для плотной упаковки. Мы уже видели, что независимо от материала это происходит при объемных долях около 65–70 %. Цифра верна, что бы вы ни использовали: кусочки помидоров, зерна крахмала, частицы вина, стакан муки или любые другие основанные на частицах пищевые продукты. Вспомните: как только кусочки помидоров преодолели этот порог, соус маринара перестал течь и стал твердым.

Основное свойство твердого вещества – наличие у него внутренней структуры, которая позволяет ему сохранять форму, если его толкают или тянут… до определенного момента. К примеру, вы можете встать на ящик, и он вас выдержит, если вы не окажетесь слишком тяжелым. В противном случае он под вами сломается. Мы говорим, что твердые продукты обладают *упругостью. Модуль упругости* (или модуль Юнга) пищевого продукта показывает, насколько он жесткий или податливый. Чем труднее деформировать материал, тем жестче он кажется и тем выше его модуль упругости. У леденца высокий модуль упругости, а у заварного крема – низкий.

Наш рот очень хорошо определяет модули упругости, и потому это очень важный параметр, который следует контролировать в кулинарии. На рисунке 3 показаны модули упругости некоторых привычных продуктов.

Эти цифры могут показаться случайными, однако на самом деле они не столь таинственны. Вы можете определять модули упругости окружающих вас продуктов с помощью простого эксперимента. Отрежьте кусочек продукта со сторонами примерно 2,5 см. Это может быть кусок кекса, стейка или чего-то еще. Поставьте на него какой-нибудь грузик – скажем, маленькую баночку со специями, что под руку попадется. Продукт сожмется на какую-то небольшую долю в зависимости от того, насколько он жесткий или податливый. Затем вы сможете вычислить модуль упругости, разделив силу, давившую вниз, на площадь продукта, которую он давил. (Важно учитывать площадь, потому что одна и та же сила большой кусок продукта сожмет меньше чем маленький.) Разделите полученное число на то, насколько продукт сжался по сравнению с его исходной толщиной. Закончив, сравните ваши цифры с табличными и проверьте, насколько хорошо справились.

Если задуматься, этот эксперимент может считаться

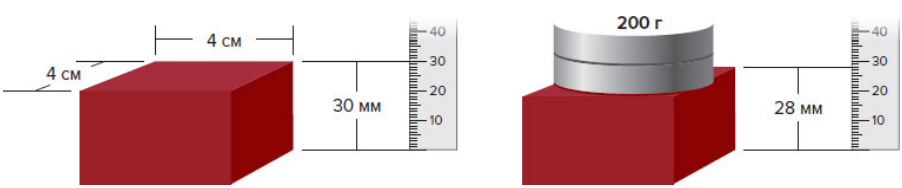
неплохим приближением к тому, что происходит с продуктом у вас во рту. Когда вы откусываете кусок стейка, сила коренных зубов давит на него и деформирует на какую-то долю в зависимости от того, насколько стейк жесткий. В какой-то момент кусок отделяется. Мы говорим, что он фрагментируется, или разрывается. Следовательно, модуль упругости – это не какая-то произвольно взятая цифра: он довольно точно описывает происходящее у вас во рту при пережевывании пищи.

Продукт	Модуль упругости (в килопаскалях)
Хлеб	0,1–0,3
Желе	2
Банан (сырой)	8–30
Персик (сырой)	20–200
Картофель (сырой)	50–140
Яблоко (сырое)	60–140
Морковь (сырая)	200–400

РИСУНОК 3

Оценка моделей упругости обычных продуктов соответствует вашему опыту: желе очень мягкое, а морковь – жесткая. Свежие персики могут быть мягкими или жесткими в зависимости от спелости. Модуль упругости измеряется в паскалях (сокращенно Па) – единицах давления.

ИЗМЕРЕНИЕ УПРУГОСТИ СТЕЙКА



Здесь показан простой эксперимент по примерному определению модуля упругости сырого стейка. Отрежьте квадратный кусок стейка, измерьте его стороны и вычислите площадь. На изображении каждая сторона стейка равна 4 см, так что площадь будет 4×4 см, то есть 16 см^2, или 0,0016 м^2. Измерим высоту продукта перед сжатием (на изображении она

составила 30 мм); это будет L_0. Теперь поместите на него грузик (это может быть баночка со специями или что-то другое, что найдется у вас на кухне, в идеале – нечто с большей площадью, чем у вашего куска). Правильно подобранный вес немного сплющит стейк, но полностью его не размажет. Измерьте новую высоту продукта (здесь она 28 мм). Тогда ΔL (дельта L) – это то, на сколько сжался продукт, что в данном случае будет 30–28 = 2 мм. И наконец, нам нужно узнать массу баночки со специями. Здесь общий вес, давящий на стейк, равен 200 г. Умножаем вес в килограммах (0,2) на 10, чтобы перевести массу в силу, и получаем силу 2 Н (ньютона). И теперь наконец вы можете подставить цифры в формулу модуля упругости!

$$E = \frac{\text{Сила/область}}{\Delta L / \Delta L_0} \qquad E = \frac{(2\ \text{Н}/0{,}0016\ \text{м}^2)}{(2\ \text{мм}/30\ \text{мм})} = 19\,000\ \text{Па}$$

Вы можете поставить этот эксперимент со стейком перед жаркой и после нее, чтобы посмотреть, как приготовление изменяет жесткость. Или поставьте его с другими продуктами и сравните результат с модулями упругости из таблицы. Ваши цифры находятся в том же диапазоне? Если да – браво! Вы не ошиблись в расчетах.

Способы увеличения упругости

Управлять модулем упругости при приготовлении пищи можно бесчисленным множеством способов, и умелый повар чутко угадывает тонкие корректировки, которые необходимо произвести для самых небольших изменений текстуры. Несмотря на все сложности, два основных метода те же, что и для жидких продуктов: мы можем увеличивать объемные доли или изменять полимерные структуры.

Изменения упаковки

При увеличении объемной доли твердое вещество может стать еще жестче. Если вы продолжите выпаривать воду из соуса маринара, ставшего томатной пастой, блямба в сотейнике будет становиться все тверже. Если размажете пасту тонким слоем по сушилке и испарите еще больше воды, паста станет тягучей и жесткой, как фруктовая пастила. Модуль упругости стал еще выше.

Это кажется довольно простым – и так оно и есть на самом деле. А еще применимо к самым разнообразным продуктам. Однако даже здесь есть свои сложности. Нам нужно рассматривать не только то, насколько *плотно* упакованы кусочки или молекулы. Нужно учитывать и то, *как именно* они упакованы. Для некоторых продуктов это определяет результат – удачу или провал. Например, при темперировании шоколада нам нужно нагреть масло какао до определенной температуры, затем охладить до другой температуры, чтобы молекулы жира расположились определенным образом. Только когда шоколад упакован в виде одного из шести возможных видов кристаллов, он приобретает желаемый блеск, ломкость и стабильность, которые мы ценим.

Изменения упаковки и полимерных сетей

Как мы уже знаем, многие продукты можно трансформировать, изменяя как упаковку, так и полимерные сети. Мы узнали, как изготавливают сыры типа рикотты, добавляя сычужный фермент или кислоту в молоко, чтобы создать сети из коагулировавших полимеров белка, и образуется сгусток. Следующий шаг – прессовка сгустка для удаления сыворотки. Объемная доля створоженной массы увеличивается, и сыр

становится плотнее. Итоговая текстура сыра зависит от того, сколько сыворотки было удалено. Тофу изготавливается сходным образом. Соевое молоко створаживают с помощью таких солей, как хлорид магния (нигари) или сульфат кальция, а затем свернувшуюся массу отжимают до желаемой плотности. Шелковый тофу, который не проходит отжима, похож на заварной крем, а плотный намного тверже. В любом случае конечная текстура – результат как образования полимерной сети, так и более плотной упаковки.

Гелеобразование (полимерные сети)

Вы наверняка удивитесь, узнав, как много твердых продуктов на самом деле являются некой разновидностью геля. У гелей упругость возникает за счет переплетенной сети компонентов, которая формируется на воздухе. Компоненты могут быть, например, зернами или длинными полимерными цепями, но суть в том, что гель образуется, когда отдельные элементы взаимодействуют и скрепляются между собой. Если вы тянете или толкаете край, элементы, которые расположены дальше, также испытывают давление или растягивание.

Чтобы как следует понять упругость твердых пищевых продуктов, нам нужно потратить какое-то время на разговор о гелях. Представьте себе любимый гель. Мы бы предложили вам альгинатный гель, получаемый при сферификации, или кубик желе, если вы сами ничего не придумали. Мысленно переключитесь на микроскопический вид, чтобы ясно увидеть желатиновые полимеры и те связи, которыми они скрепляются в определенных точках. А теперь представьте себе, что растягиваете это место соединения, пока оно не поддастся, разрушая структуру. Чтобы это сделать, вам придется приложить сколько-то энергии. Если гель плотный, этой энергии потребуется много; если мягкий, то не особо. Это и есть идея модуля упругости на микроскопическом уровне. И нам везет, потому что она очень хорошо выражается следующим уравнением:

$$\text{Модуль упругости} = \frac{\text{Энергия}}{\text{Среднее расстояние связей}^3}$$

В этом уравнении содержится ключ к изменению текстуры твердых продуктов. Оно говорит, что для разрушения очень небольшого объема вокруг каждой связи требуется некая энергия: это передает часть уравнения «среднее расстояние связей^3». А

сама дробь определяет модуль упругости.

Это значит, что вы можете сделать материал тверже двумя способами: увеличив энергию связей или увеличив количество связей в объеме. Наиболее эффективный способ – изменить среднее расстояние между связями, потому что его результат возводится в куб, и обычно именно так и делают. Чтобы этого добиться, просто добавьте еще полимеров, испарите воду или измените вид полимера. Повара пользуются всеми тремя вариантами, а иногда и их сочетанием. Мы увидим, как это классное уравнение объясняет изменения текстуры обычных и не очень обычных продуктов.

Гели из гидроколлоидов

Желе – это самый типичный гель. Его готовят из желатина, воды и сахара (для вкуса). С научной точки зрения желатиновые гели великолепны, потому что содержат всего один вид белка – желатин, – при увеличении концентрации которого гель становится плотнее, именно так, как предсказывает наше уравнение. Желе интересно еще и тем, что способно переходить туда и обратно между жидким и твердым состоянием. Цепочки полимеров сцепляются друг с другом, но довольно слабо, так что при охлаждении гель отвердевает, а при нагревании – снова плавится. Это особое свойство очень эффективно используется в многочисленных блюдах. Одно из них – китайские пельмени с супом, сяолунбао, в которых твердая начинка при варке превращается во вкусную жидкость.

ПЕЛЬМЕНИ С СУПОМ ОТ КОРИ ЛИ

Пельмени с супом

Рецепт предоставлен рестораном Benu

Ингредиенты
Тесто для пельменей (рецепт см. далее)
Начинка из омаров (рецепт см. далее)
Уксусный соус (рецепт см. далее)

Инструкции
1. На каждый кусочек раскатанного теста выложите шарик начинки.
2. Соберите тесто вокруг начинки, защипнув края с 18–

20 складками.

3. Варите на пару́ на бамбуковом сите 5 минут.

4. Подавайте с уксусным соусом для обмакивания.

Тесто для пельменей

Ингредиенты

200 г хлебопекарной муки[13]

195 г муки высшего сорта[14]

5 г опары (рецепт см. далее)

200 г воды

2 г раствора карбоната калия и бикарбоната натрия

Инструкции

1. Смешайте оба вида муки в чаше стационарного миксера.

2. Добавьте опару, воду и калиево-натриевый раствор. Месите насадкой-крюком до однородности (около 5 минут).

3. Пропустите тесто через тестораскаточную машину раз 20, чтобы оно стало гладким и упругим.

4. Заверните в пленку и оставьте при комнатной температуре на 30 минут.

5. Разрежьте листы теста на кусочки весом 4,5 грамма и с помощью тестораскаточной машины или небольшой скалки сформируйте тонкие кружки диаметром около 5 см.

Опара

Ингредиенты

1 г инстантных дрожжей

50 г теплой воды

25 г муки высшего сорта

25 г хлебопекарной муки

0,3 г соли

Инструкции

1. Размешайте дрожжи венчиком в теплой воде до полного растворения.

2. Добавьте всю муку и соль, размешайте.

3. Переложите в миксер и месите крюком около 4 минут, пока не сформируется тесто.

4. Выложите его на стол и месите руками до гладкости.

5. Положите в миску, накройте и оставьте подниматься в

теплом месте, пока объем не увеличится вдвое (примерно на 2 часа).

Начинка из омаров

Ингредиенты

360 г бульона из омаров

21 г размягченного листового желатина (замочить в воде на 5–10 минут, затем отжать)

15 г соевого экстракта

120 г мяса омаров

10 г икры омара, протертой через сито

2 г соли

80 г топленого сливочного масла, взбить с жидким азотом до получения крошки, похожей на кофейную гущу

16 г мелко порубленного зеленого лука

16 г мелко порубленного свежего корня имбиря

Инструкции

1. В кастрюле среднего размера доведите бульон из омаров до кипения. Добавьте желатин и соевый экстракт, перемешайте венчиком. Поставьте в холодильник до застывания, а затем мелко порубите. Отвесьте 380 г.

2. Измельчите мясо и икру омаров с солью в пюре. Добавьте топленое масло, лук и имбирь.

3. Добавьте желе и тщательно перемешайте. Действуйте быстро, чтобы желе и масло не растаяли.

4. Разделите смесь на порции весом 15,5–16 г и скатайте в шарики.

Уксусный соус

Ингредиенты

20 г воды

20 г уксуса из вина «Баньюльс»

20 г черного рисового уксуса

Инструкции

Тщательно смешайте ингредиенты.

* * *

Другие гели так себя не ведут. Например, альгинатные гели в сферификации не плавятся при нагревании. Здесь ионы кальция становятся постоянными мостами между альгинатными полимерами, и эти связи достаточно прочны, чтобы выдержать нагрев. В результате получается прочный жаростойкий гель, что может быть желательным свойством, если вы хотите подать его горячим. Другие полимерные загустители, которые ведут себя подобным образом, – это пектин (используется в джемах) и агар-агар (распространен в азиатских кухнях).

В качестве примера приведем рецепт от Феррана Адриа, предлагающего «новый взгляд» на треску. Он отделяет треску от кожи и заменяет гелем, в котором яркий вкус рыбного бульона сочетается с черным трюфелем. Как приготовить такой гель? Вероятно, первой мыслью, которая придет вам в голову, будет взять в качестве загустителя старый добрый желатин, который так хорош в желе. Однако это не сработает. Желатин ведет себя как твердое вещество только в холодном виде. Чтобы сделать внутреннюю часть теплой, нам нужно желирующее вещество, которое не распадается при повышении температуры. Ферран использует агар-агар. Этот натуральный (и вегетарианский) ингредиент, остающийся гелем при более высоких температурах, и служит основой рецепта.

В рецепте Феррана вместо ключевого для восприятия компонента добавляется вдохновленный гидроколлоидами заменитель, что полностью меняет ощущения при дегустации. Этот шеф использует такие любопытные идеи во множестве разных блюд, создавая нечто совершенно новое.

ТЕПЛЫЙ ТРЮФЕЛЬНЫЙ ГЕЛЬ С КОЖЕЙ ТРЕСКИ ОТ ФЕРРАНА АДРИА

Теплый трюфельный гель с кожей трески

Рецепт предоставлен Ферраном Адриа, фотография © F. Guillamet

Ингредиенты

Теплый гель из трески (рецепт см. далее)
Гель из черного трюфеля (рецепт см. далее)
Чесночное масло (рецепт см. далее)
50 г пастеризованных желтков
12 орехов миндаля молочной спелости

Инструкции

1. Нарежьте желе из трески прямоугольниками 1,5 × 8 см.

2. Подогревайте тарелки с гелем из черного трюфеля в течение 5–6 секунд на электрическом гриле «саламандра». Выложите гель из трески на середину каждой тарелки и нагревайте еще 10 секунд.

3. Смажьте кожу трески чесночным маслом и накройте ею теплый гель из трески. Еще немного подогрейте, чтобы повысить температуру кожи.

4. Выложите вокруг кожи немного желтка и 4 миндальных ореха.

Теплый гель из трески

Ингредиенты

4 (100 г) вымоченных хвостов соленой трески
400 г воды
Соль
1 г агар-агара

Инструкции

1. Счистите чешую с хвостов, следя за тем, чтобы не повредить кожу.

2. Отделите кожу от мяса. Держите ее между 2 листами вощеной бумаги.

3. Налейте воду в кастрюлю и положите в нее мясо трески.

Доведите до кипения и посолите по вкусу. Отвесьте 400 г получившегося бульона.

4. В кастрюле смешайте рыбный бульон с агар-агаром. Доведите до кипения на среднем огне, постоянно помешивая.

5. Снимите с огня и введите немного воздуха погружным блендером, чтобы гель получился менее плотным. Перелейте в пластиковую емкость слоем толщиной 1 см и оставьте застывать.

Гель из черного трюфеля

Ингредиенты

140 г водного настоя черных трюфелей
Соль
0,35 г агар-агара

Инструкции

1. Налейте настой трюфелей в маленький сотейник и посолите по вкусу.

2. Всыпьте агар-агар и перемешайте. Доведите до кипения на умеренном огне, постоянно помешивая.

3. Снимите с огня и введите немного воздуха погружным блендером, чтобы гель получился менее плотным. Разлейте смесь по четырем небольшим глубоким тарелкам. Уберите в холодильник не менее чем на 2 часа, до застывания.

Чесночное масло

Ингредиенты

2 зубчика чеснока
100 мл оливкового масла extra virgin

Инструкции

1. Бланшируйте чеснок трижды, каждый раз начиная с холодной воды. После последней бланшировки освежите холодной водой и очистите.

2. Залейте чеснок оливковым маслом и томите на слабом огне в течение 2 часов. Затем дайте настояться в течение еще 6 часов.

* * *

Яйцо – еще один пример стабильного геля: если он сформировался, обратного пути не будет. И тем не менее даже яйцо преподносит сюрпризы. Как и в случае упаковки, *характер* полимерной сети также сказывается на итоговой текстуре продукта. Чтобы понять, что мы имеем в виду, изучите врезку с рецептом каталонского крема от Карме Рускайеды.

КАТАЛОНСКИЙ КРЕМ ОТ КАРМЕ РУСКАЙЕДЫ

Каталонский крем

Ингредиенты

1 л молока
20 г цедры лимона, крупно порубить
3 г палочки корицы
150 г сахара плюс еще немного для корочки
45 г пшеничной муки
9 крупных желтков

Инструкции

1. В маленьком сотейнике доведите до кипения молоко с цедрой и палочкой корицы, а потом снимите с огня. Дайте молоку остыть полностью (около 1 часа).

2. Процедите молоко, затем разделите его на две равные части.

3. В чистый сотейник налейте половину молока, всыпьте сахар и муку. Перемешайте, чтобы сахар и мука полностью разошлись, и нагревайте при постоянном помешивании до закипания. Проварите еще 15 секунд и снимите с огня.

4. Добавьте в сотейник оставшееся молоко и тщательно перемешайте. Добавьте желтки и снова перемешайте до однородности. Процедите смесь через сито-шинуа в чистый сотейник.

5. Нагревайте смесь на среднем огне, постоянно помешивая, пока температура не поднимется до 80 ˚C. Снова процедите.

6. Разложите крем по порционным формочкам. При этом важно пробить его блендером: это придаст ему воздушность, блеск и нужную текстуру.

7. Для карамелизации сахара пользуйтесь горелкой или традиционным карамелизатором для каталонского крема (круглый железный диск-утюжок с деревянной рукояткой). Утюжок нужно прижать к конфорке и подождать, пока он не раскалится докрасна.

8. Перед самой подачей посыпьте крем толстым слоем сахара и поднесите горелку или утюжок-карамелизатор как можно ближе к поверхности. Подавайте сразу же.

Рецепт и изображение предоставлены Карме Рускайедой

* * *

Каталонский крем – испанский вариант французского десерта крем-брюле. Секрет нежной текстуры блюда вот в чем: если

желтки нагревать быстро, как при варке вкрутую, определенные белки в них образуют комочки, сцепляясь друг с другом. Однако при мягком нагреве и будучи разбавленными молоком с сахаром и мукой, которые обволакивают белки, белки образуют мелкую сеть, что и придает заварному крему упругость. Каталонский крем – прекрасный пример того, как определенные молекулы можно «подтолкнуть» в нужную сторону, создав соответствующие условия.

Определение готовности стейка с помощью пальцев

Реакция Майяра, теплопередача и денатурация белков подсказали нам, как приготовить идеальный стейк. А как оптимизировать его текстуру? Как вы уже могли заподозрить, стейк тоже гель. Он состоит из комбинации клеток, соединительной ткани, такой как коллаген (основа желатина: вот почему идут споры о том, можно ли считать желе вегетарианским блюдом; тут все зависит от того, какой вид желатина используется), и жира. Стейк гораздо сложнее желе, но по сути это все равно гель. Как и большинство гелей, он состоит в основном из воды. В нашем теле 70 % воды, и коровы устроены так же.

В процессе жарки стейка, при нагревании выше 60 ˚C, коллаген сокращается. Из-за этого сокращения вода выталкивается, а коллаген становится более концентрированным. Кроме того, сократившиеся волокна жестче, чем не подвергшиеся нагреванию. Это объясняет, почему сильно прожаренный стейк плохо жуется. Мы увеличили и плотность связей, и энергию, за счет которой они скрепляются.

Как проверить, прожарился ли стейк так, как вам нравится? Возможно, вы слышали про «тест на пальцах». Сначала соедините большой палец и мизинец одной руки и указательным пальцем другой руки коснитесь мышцы в основании большого пальца. Эта мышца ощущается как жесткая – примерно такая же, как хорошо прожаренный стейк. Теперь проделайте то же самое, но соединив большой и указательный пальцы одной руки. Мышца в основании большого пальца будет мягче – примерно такая же, каким бывает стейк с кровью. Таким образом, сведение большого пальца с другими пальцами руки позволяет вам представить текстуру в диапазоне прожарки от *rare* до *well-done*. А теперь потрогайте стейк и сравните ощущаемую жесткость или податливость с состоянием мышцы большого пальца. Получается, что для определения модуля упругости стейка вам не нужно ничего, кроме вашей собственной руки!

Глютен и хлеб

Конечно же вы слышали про глютен. Хотя о глютене много писали в контексте здорового питания и целиакии, он просто молекула, отвечающая за модуль упругости хлеба. Хлебная мука на 11–13 % состоит из белка – в основном двух видов, глиадина и глютена. При добавлении воды эти белки начинают разбухать и образовывать глютеновую сеть.

Глютен настолько важен для структуры хлеба, что его чрезвычайно сложно заменить в безглютеновых продуктах. Он успешнее всех других молекул создает прочную упругую сеть. С безглютеновыми видами муки можно получить тесто похожей плотности, но стоит начать его растягивать – и отсутствие глютена становится очевидным. Нормальное глютеновое тесто для хлеба может сильно растягиваться не разрываясь, а вот пытаться растянуть безглютеновое тесто бессмысленно: оно рвется моментально. Когда в нашем курсе участвовал Марк Ладнер, шеф нью-йоркского ресторана Del Posto, он продемонстрировал это, устроив соревнования по перетягиванию двух видов теста: исход был очевиден. Сейчас он замешивает безглютеновое тесто с заменителем пшеничной муки и небольшим количеством ксанатановой камеди. Этот длинный сахар служит связующим веществом, которое удерживает все так, как это делал бы глютен. Хотя решение не идеальное, пока ничего лучше у нас нет.

Пластичность

Завершим эту главу двумя заметками о текстуре твердых пищевых продуктов, а именно о пластичности и ломкости. Идея пластичности стала очевидной в предыдущем разделе о хлебном тесте: этот интересный материал не возвращается к исходной форме, если его растянуть. А вот испеченный хлеб, наоборот, расправится, если вы не сдавили его слишком сильно. Мы уже говорили о таких пружинящих продуктах как об обладающих упругостью. Если же продукт к прежней форме не возвращается, мы называем его пластичным. Хлебное тесто пластично. Пластичность определяется теми же принципами упаковки и полимерных сетей, что и другие твердые вещества, однако полимеры или частицы, из которых состоит такой продукт, способны очень медленно скользить относительно друг друга, образуя новые связи, чтобы не потерять твердость.

В некоторых случаях это именно то, что требуется. Если вы когда-нибудь готовили штрудель – европейскую выпечку, в которой в тончайший слой теста заворачивают сладкую фруктовую начинку, – вы с этим сталкивались. Чтобы получить почти прозрачные слои, тесто медленно и осторожно растягивают, пока оно не станет очень тонким. А для этого глютеновая сеть должна быть достаточно прочной, иначе тесто треснет и расползется при растягивании и раскатывании. Здесь приведен рецепт штруделя, созданный нашим другом Биллом Йоссесом, бывшим пекарем Белого дома. Штрудель – поразительная штука: благодаря глютену тесто становится удивительно пластичным. Тесто для штруделя, как и тесто для пиццы, можно растянуть в большой тонкий лист без разрывов. В случае со штруделем это позволяет завернуть в него вкуснейшую начинку. С хлебным тестом такого проделать нельзя. Принципиальное отличие теста для штруделя (и пиццы) – это использование в рецепте растительного масла, которое изменяет взаимодействие глютеновых нитей.

ШТРУДЕЛЬ ОТ БИЛЛА ЙОССЕСА

Штрудель

Рецепт предоставлен Уильямом Йоссесом

Ингредиенты

340 г хлебопекарной муки (с высоким содержанием белка)

1 ч. л. соли

2 ст. л. растительного масла

1 стакан теплой воды

12 яблок, очистить и мелко нарезать

1 стакан хлебных крошек

1 стакан сахара плюс еще немного для посыпки

1 стакан золотого изюма (замочить в горячей воде накануне вечером, а затем откинуть и обсушить на бумажных полотенцах)

1 ч. л. молотой корицы

Топленое сливочное масло

Инструкции

1. Смешайте муку, соль и растительное масло в миксере. Не выключая миксер, медленно влейте воду. Месите еще 10 минут, или пока тесто не станет эластичным.

2. Оставьте тесто как минимум на 2 часа.

3. Разогрейте духовку до 175 ˚C.

4. В большой миске смешайте яблоки, хлебные крошки, сахар, изюм и корицу и оставьте в сите, чтобы сок мог стечь.

5. Расстелите на столе квадратный отрез ткани со стороной 1,2 м и слегка присыпьте мукой.

6. Бережно растяните тесто для штруделя и выложите на ткань. Смажьте его топленым сливочным маслом и чуть присыпьте сахаром.

7. Обрежьте толстые края теста, оставив только самый тонкий слой.

8. Распределите начинку полосой 7,5 см вдоль ближнего края тестяного пласта.

9. Взявшись за ткань, поднимите край теста и накройте им начинку, а потом подоткните. Продолжайте приподнимать ближний край и сворачивать тесто в сигарообразный рулет.

10. Выпекайте 45 минут.

Ломкость

Мы знаем, что упаковка и полимерные сети служат основой вязкости и упругости. Однако они могут дать и другие ощущения. В качестве последнего примера давайте вернемся к соусу маринара, с которого начали эту главу. Мы расстались с ним, выпарив в сушилке достаточно воды, чтобы он стал плотным, как фруктовая пастила. А теперь представьте себе, что мы размажем томатную пасту очень тонким слоем и будем выпаривать воду до тех пор, пока не избавимся от нее почти полностью. Результатом станет совершенно новая текстура, похожая на чипсы из помидора. Если вы надавите на такой чипс, он мгновенно сломается. Мы называем такой тип материалов ломкими или хрупкими. Вспомните твердую карамель, шоколад или крекеры. В кулинарии такая текстура популярна, потому что это очень интересное вкусовое ощущение. Заметьте, что вы получили ее, управляя все тем же принципом: испаряя воду и увеличивая объемную долю. Но теперь, когда воды почти не осталось, связей, которые удерживают материал, так мало, что он очень легко ломается.

Надеемся, нам удалось показать в этой главе, как управление всего двумя параметрами может обеспечить бóльшую часть текстур и ощущений, которые дает пища. Теперь можете вспомнить разные слова, описывающие текстуру еды, и проверить, как они соотносятся с этими двумя принципами. Какие-то из них подойдут, какие-то, возможно, нет: мы воспринимаем и оцениваем оказавшуюся во рту пищу множеством различных способов. Не станем утверждать, будто охватили их все. Тем не менее мы еще раз увидели, как небольшое количество научных принципов может пролить свет на то, что происходит с едой. Задумайтесь об этом, когда в следующий раз отправите в рот кусочек любимого блюда.

6
Эмульсии и пены

Эмульсии и пены структурируют насыщенные вкусом жидкости так, что они текут медленно, обволакивают продукты, обволакивают язык и нёбо и продлевают удовольствие.

Гарольд Макги

Смешать то, что не смешивается

В кулинарии одна из главных проблем – и радостей – это смешивание ингредиентов. Порой смешивание бывает приятно простым: стакан воды может принять *много* сахара, и для его растворения особых усилий прилагать не придется. Но некоторые сочетания продуктов доставляют больше хлопот. Скажем, вы хотите приготовить салатную заправку, соус винегрет, но два основных ее ингредиента – уксус и растительное масло – естественным образом не смешиваются. Уксус – это в основном вода, так что, как бы вы ни трясли бутылочку с маслом и уксусом, стоит смеси немного постоять – и уксус с маслом разделятся. Можно заправить салат и быстренько его съесть – или попробовать смешать винегрет в миксере на высокой скорости. Увы, взбивание не поможет: вы заметите, что уксус и масло все равно разделятся, хотя и не так быстро. И тем не менее однажды происходит нечто магическое: вы решаете сделать винегрет чуть острее, добавив к маслу и уксусу немного горчицы. Вы встряхиваете бутылочку, а потом обнаруживаете, что смесь держится намного лучше. Почему?

Научные принципы уже должны быть вам знакомы: вода любит общество других молекул воды, причем настолько, что эти молекулы стремятся оказаться как можно дальше от молекул растительного масла. Аналогично молекулы масла предпочитают находиться рядом с другими молекулами масла. Если воду и растительное масло поместить в общую емкость, молекулам будет комфортнее всего расположиться двумя раздельными слоями: масло сверху (поскольку оно менее плотное), а вода внизу. Такие жидкости, неспособные растворяться друг в друге, называются несмешивающимися.

Поскольку растительное масло гидрофобно, оно не смешивается с водой. На молекулярном уровне невозможно смешать масло и воду. Капельки одной жидкости (масла) оказываются заключены в другой (воде). Однако такая смесь все равно нестабильна, потому что в ней слишком много поверхностей, где вода и масло соприкасаются. По мере того как капельки растительного масла всплывают вверх, они сливаются друг с другом. В конце концов две жидкости полностью разделятся, так что у них будет всего одна контактная поверхность. Но почему добавление горчицы помогает? Дело вот в чем: горчица создает буфер между маслом и водой. Это не дает мелким капелькам сливаться в одну большую, стабилизирует капельки и позволяет использовать заправку тогда, когда вам

захочется. Стабилизация происходит потому, что молекулы, из которых состоит горчица, амфифильны: одна половина каждой молекулы гидрофильна и предпочитает находиться в воде, а другая – гидрофобна и любит масло. Амфифильные молекулы, такие как молекулы горчицы, называются поверхностно-активными. Вот почему горчица решает нашу проблему: когда мы смешиваем уксус и растительное масло, чтобы приготовить салатную заправку, мы формируем капельки масла в уксусе. Чем сильнее мы встряхиваем смесь, тем мельче становятся капельки. Если мы посмотрим на самый край любой капельки под микроскопом, то увидим миниатюрную версию тех же разделенных слоев, которые получили бы без смешивания. Молекулы горчицы устраиваются на этой контактной поверхности. Они ориентированы таким образом, чтобы каждый конец молекулы соприкасался с той жидкостью, которую он предпочитает – либо с маслом, либо с водой, – и становятся своего рода посредником, стабилизирующим капельки. Нашему взгляду представляется, что ингредиенты смешаны, хотя на микроскопическом уровне настоящего смешения нет. Такое состояние вещества, когда капельки одной жидкости заключены во вторую жидкость, мы называем *эмульсией*. Капельки достаточно малы, чтобы во время еды нам казалось, будто жидкости смешаны. На самом же деле смесь двух жидкостей, образующих эмульсию, дает иные – и часто очень приятные – текстуру и вкус. В этой главе мы сосредоточимся на том, как работают эмульсии: как мы их готовим? Как они образуются? И конечно же, как мы можем использовать эмульсии, чтобы приготовить поистине поразительные блюда?

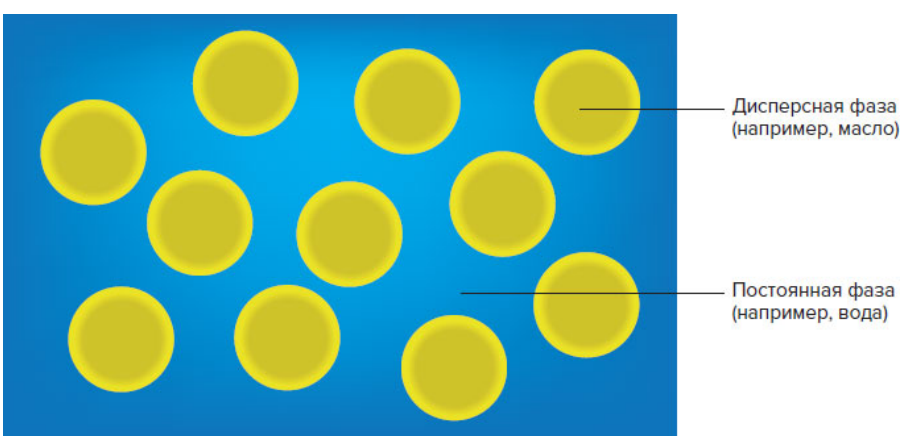


РИСУНОК 1

Эмульсия состоит из капель одной жидкости (дисперсная фаза) в другой жидкости (постоянная фаза). Когда дисперсная

фаза – это растительное масло, перед нами масляно-водная эмульсия.

Кап, кап… всюду капли

Примеров эмульсий в кулинарии множество: салатная заправка, голландский соус и майонез лишь несколько самых простых вариантов. Каждая из этих эмульсий представляет собой образованную двумя жидкостями смесь, текстура которой кардинально отличается от того, что мы почувствовали бы, если бы попробовали эти продукты по отдельности. Жидкость внутри капель мы называем дисперсной фазой, а жидкость, окружающую капли, – постоянной фазой. Даже такие продукты, как тесто для печенья или мясной хлеб, – это эмульсии, хотя присутствие двух жидкостей не так очевидно: в этих случаях дисперсная фаза по-прежнему жидкость, а вот постоянная фаза ближе к гелю или твердому веществу.

Однако давайте вернемся к простому соусу винегрет из оливкового масла и уксуса. Если у вас есть под рукой растительное масло и уксус, можете налить того и другого в бутылочку с хорошей пробкой и последовать нашему примеру. Классический способ – встряхнуть бутылку, а потом заправить салат. Так в уксусе формируются крошечные капельки масла. Образование эмульсии можно определить по тому, что смесь перестает быть прозрачной: мелкие капли не дают проходить свету так, как в чистой воде или чистом масле. Чтобы получить эмульсию, можно использовать все, что позволит смешать две фазы: бутылочку, которую можно трясти, венчик, блендер, даже пестик со ступкой – сгодится все. Главное – создать капли одной фазы внутри другой. Слабое встряхивание дает крупные капли, более энергичное и длительное – гораздо более мелкие. Однако в обоих случаях капли растительного масла со временем всплывут, сольются и образуют отдельный слой; крупные капли разделятся быстро, а мелким понадобится немного больше времени.

Создать капли – это одно дело, а вот сохранить их в дисперсной фазе – совсем другое. Как показал нам опыт с растительным маслом и уксусом, эмульсия может оказаться очень неустойчивой: неправильное взбалтывание или неправильные условия могут разрушить эмульсию, и две жидкости разделятся.

Давайте рассмотрим несколько жизненных примеров, чтобы показать, почему эмульсии разделяются. Две жидкости реально не любят друг друга, так что можно представить их себе как «Локомотив» против «Спартака». Собаки против кошек. «Реал Мадрид» против «Барселоны». Как болельщики команд-противников садятся в разных секторах стадиона, так и молекулы двух жидкостей стремятся собраться в разных частях бутылочки,

одна – сверху, а вторая – снизу. Тем самым они сводят к минимуму площадь поверхности, на которой им приходится соприкасаться. Представьте это себе так: если бы каждый болельщик «Локомотива» сел рядом с болельщиком «Спартака», всюду начались бы споры и драки. А вот если посадить всех фанатов «Локомотива» в одном секторе, а фанатов «Спартака» – в другом, риск конфликтов сохранится только на границе двух секторов. Мы свели к минимуму площадь поверхности, на которой им приходится взаимодействовать. Даже если у нас не выйдет идеального разделения на две части, все равно будет лучше, если удастся создать несколько небольших подсекций болельщиков двух команд. Площадь контактной поверхности все равно окажется меньше, чем если бы они полностью перемешались.

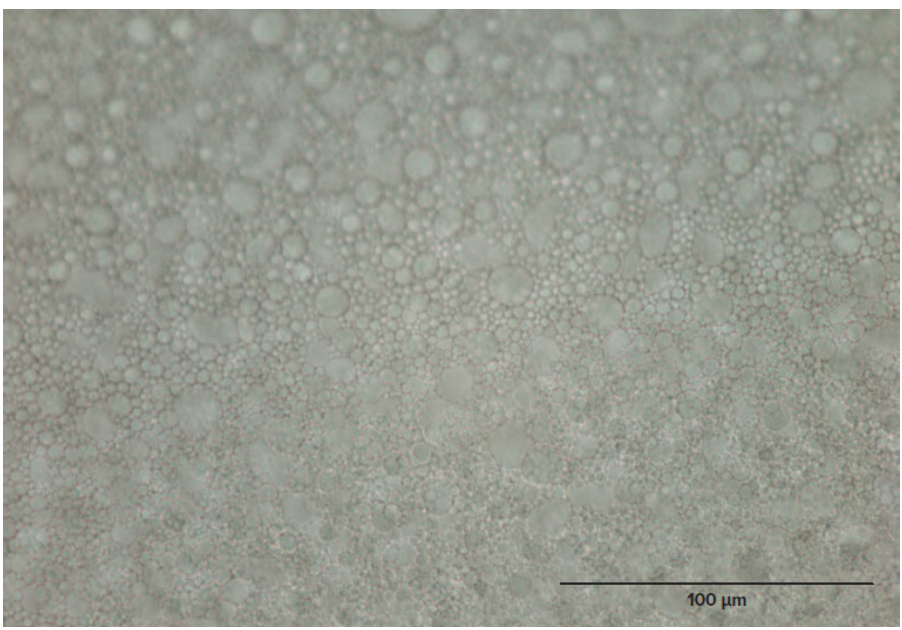


РИСУНОК 2

Хотя майонез кажется непрозрачным, мельчайшие капельки масла можно увидеть в микроскоп. В майонезе на этом снимке капельки масла имеют диаметр от 2 до 20 микрометров, то есть менее чем от 1/10 до 1/2 толщины человеческого волоса.

То же относится и к каплям в эмульсии. Если вы перемешаете эмульсию очень сильно, создав много мелких капелек, тогда – если их нечему остановить – они сольются друг с другом в капли побольше. Группы болельщиков «Спартака» на стадионе предпочтут праздновать вместе и держаться подальше от «паровозов», и наоборот. А в эмульсии из капелек растительного

масла в воде более легкие капли масла будут всплывать к поверхности, а более тяжелые капли воды – опускаться ко дну. По дороге, если две капли одного вещества столкнутся друг с другом, они смогут слиться, образовав каплю покрупнее, – это называется *коалесценцией*. Коалесценция может быть очень быстрым процессом (скажем, две капли растительного масла в уксусе сливаются всего за несколько тысячных секунды). Даже если капли масла не столкнулись с другими на своем пути наверх, то, оказавшись на поверхности, они неизбежно начнут соприкасаться с соседними, так как вода будет стремиться вниз. Таким образом, процесс коалесценции будет повторяться снова и снова, пока две жидкости полностью не разделятся.

Как нам предотвратить эти слияния капелек? Если продолжить спортивную аналогию, мы не в состоянии заставить болельщиков «Локомотива» полюбить болельщиков «Спартака». Это просто невозможно. Единственный способ помешать болельщикам двух команд выискивать себе подобных – это создать между ними некий физический барьер, чтобы их не слишком смущало пребывание рядом друг с другом. Точно так же мы не можем заставить воду и растительное масло полюбить друг друга, но можем создать молекулярный разделитель, который помешает каплям сливаться. Представьте себе любителя футбола, которого не слишком интересуют «Локомотив» и «Спартак». Может, он вообще вырос за границей и сейчас здесь в отпуске. Ему могут нравиться обе команды, и он вполне нормально себя чувствует рядом с фанатами обеих. И что важно, если он будет сидеть между болельщиками команд-противников, его присутствие не даст им начать драку друг с другом. На самом деле болельщики рядом с ним могут быть вполне довольны его обществом и потому вряд ли станут пытаться найти своих друзей.

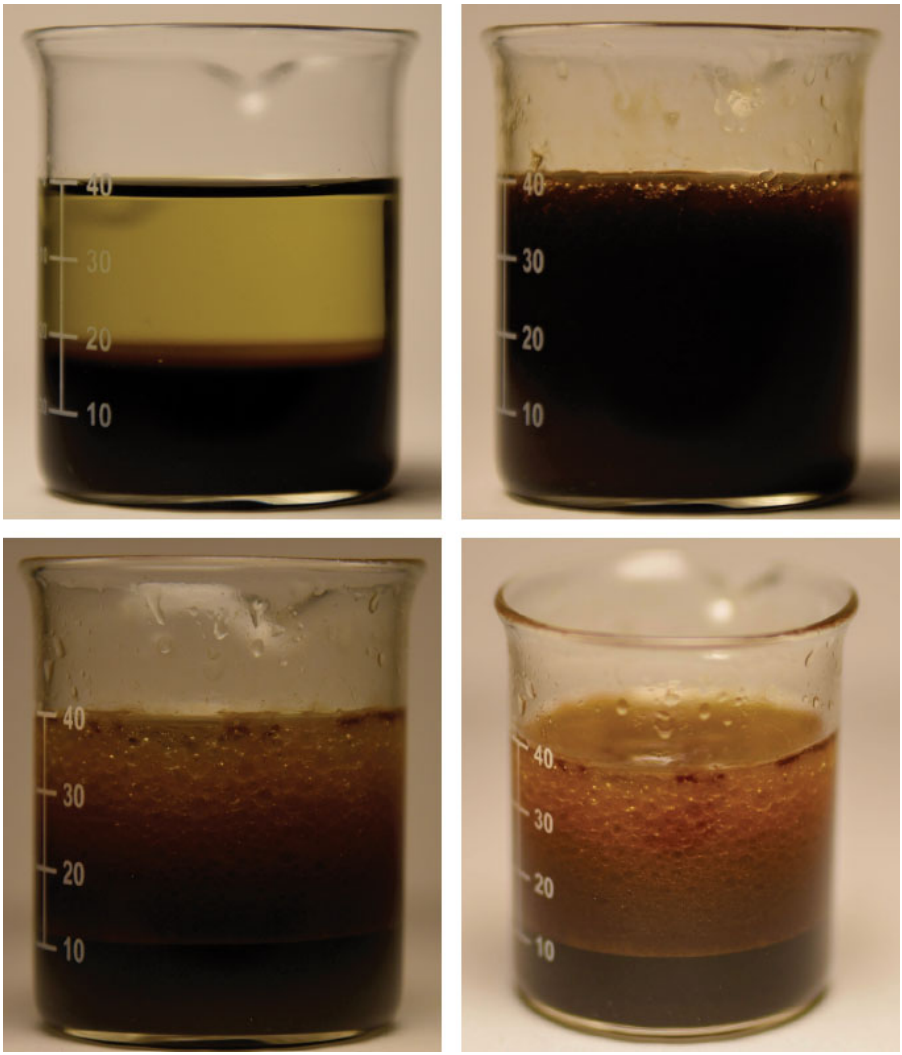


РИСУНОК 3

Оливковое масло и бальзамический уксус сами по себе разделятся на два слоя: масло – наверху, а уксус – внизу (вверху слева). Если смесь потрясти, два слоя смешаются и образуют гомогенный раствор (вверху справа). Однако относительно быстро две жидкости снова начнут разделяться: на снимке слева внизу показана заправка через 20 минут после встряхивания, когда мелкие капли слились в более крупные, видимые невооруженным глазом. И наконец, на снимке справа внизу, сделанном через 1 час после встряхивания, масло и уксус уже почти полностью разделились.

Фотографии Арвинда Сринивасана

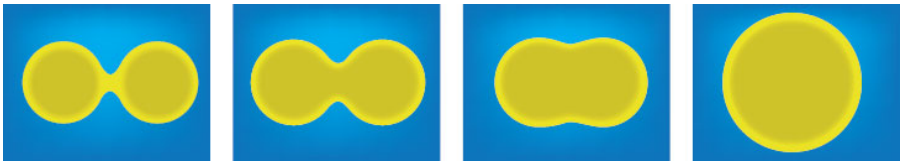
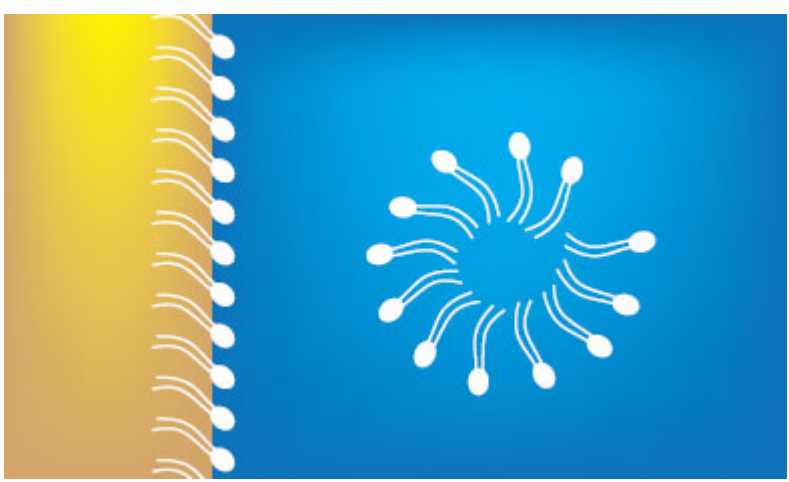


РИСУНОК 4

Эмульсии разделяются на два слоя из-за слияния отдельных капелек в более крупные. Когда отдельные капельки находятся далеко друг от друга, они имеют сферическую форму. Сталкиваясь друг с другом, молекулы двух капелек начинают образовывать перемычку, которая в итоге приведет к слиянию. Переходная форма в виде гантели нестабильна, но молекулы ненадолго принимают ее, чтобы слиться в более крупную каплю, общая площадь поверхности которой будет меньше, чем у двух более мелких.

Молекулярный эквивалент такого человека называется эмульгатором, или поверхностно-активным веществом. Поверхностно-активное вещество устраивается на разделе двух фаз. Оно обволакивает капельки и тем самым заслоняет их друг от друга и предотвращает их слияние. Оболочки горчичных зерен содержат молекулы с такими свойствами, поэтому горчица стабилизирует соус винегрет. А вот соль и перец не являются поверхностно-активными веществами и не влияют на стабильность эмульсии. Чтобы подробнее поговорить об эмульгаторах, перейдем ко врезке.

ЭМУЛЬГАТОРЫ



Эмульгаторы (поверхностно-активные вещества)

располагаются на границе между маслом и водой с четкой ориентацией: гидрофобные «хвосты» находятся в масле, а гидрофильные «головы» – в воде. Их главное назначение в том, чтобы обволакивать поверхности капелек масла и воды, тем самым увеличивая стабильность. Если эмульгатора в эмульсии слишком много и поверхностей для обволакивания не остается, лишние молекулы образуют собственные капельки. Они называются мицеллами и могут быть развернуты в любую сторону, в зависимости от того, которая фаза является постоянной: масло или вода. На картинке гидрофобные, любящие масло «хвосты» повернуты к центру мицелл, чтобы не контактировать с водой. Молекулы поверхностно-активного вещества постоянно курсируют между поверхностями капель и мицеллами, но общее количество молекул на поверхности соприкосновения в любой момент времени остается одним и тем же.

Эмульгаторы имеют различную форму, и это делает их более или менее подходящими для различных типов эмульсий. Например, если любящие воду «головы» шире «хвостов», поверхность станет изгибаться из-за скопления «голов». Такой тип эмульгатора предпочтителен для эмульсий масло-в-воде, где «головы» эмульгатора окажутся вне капелек. Наоборот, если «хвост» шире «головы», поверхность станет изгибаться «хвостами» наружу, что предпочтительно для эмульсий вода-в-масле, где «хвосты» располагаются снаружи капель.

Типы эмульгаторов

Возможно, вы удивитесь, узнав, что молекулярные медиаторы очень распространены, хотя механизмы их действия бывают различными. Эмульгаторы исходно присутствуют в самых разных кулинарных ингредиентах: чесноке, горчице, крахмале и множестве других. Говоря обобщенно, причина существования природных эмульгаторов в том, что у многих молекул в биологии есть причины быть как гидрофобными, так и гидрофильными. Вспомните, например, наш разговор в главе 3 о роли этих свойств в сворачивании белков. Чтобы показать разнообразие ингредиентов, действующих как стабилизаторы, давайте рассмотрим способы их работы.

Фосфолипиды

Фосфолипиды – это молекулы, образующие клеточные мембраны у нас в организме. Клеточные мембраны должны отделять содержимое клетки от того, что находится вне ее, и делают они это благодаря тому, что имеют молекулы с гидрофильной головной частью и гидрофобным «хвостом». В клетках эти молекулы формируют двухслойную структуру, где гидрофобные части молекул разворачиваются к гидрофобным частям других молекул. Это немного похоже на застежку-липучку, где каждый из сцепляющихся листков состоит из одного слоя молекул и соединяется с другим слоем, ориентированным в противоположную сторону. Те же молекулы, что образуют мембраны в клетках, могут также служить эмульгаторами при добавлении в смеси воды и растительного масла. Распространенный эмульгатор, работающий таким образом, – это лецитин, который содержится в яичном желтке и различных растениях, например сое. Растворив немного соевого лецитина в уксусе перед тем, как смешать его с маслом, мы можем получить более стабильный винегрет.

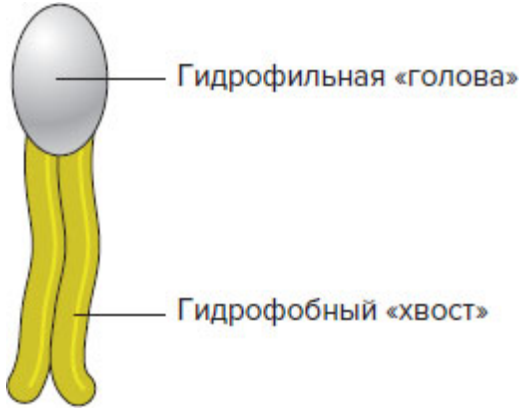


РИСУНОК 5

Строение лецитина – часто используемого эмульгатора в домашних условиях и в высокой кухне. Как и все эмульгаторы, лецитин обладает гидрофильной головной частью (ей нравится находиться в воде) и гидрофобным «хвостом» (он терпеть не может воду и любит находиться в масле). Эти свойства позволяют ему удобно располагаться на поверхности капель эмульсии.

Мелкие твердые частицы и белки

Помимо добавления амфифильных молекул, есть еще два способа стабилизировать поверхность соприкосновения воды и масла. Первый: добавить твердые частицы. Подобно молекулярным эмульгаторам, частицы располагаются на поверхностях соприкосновения воды и масла. Они могут это делать потому, что – как наш приезжий любитель футбола – в буквальном смысле нейтральны: готовы соприкасаться с обеими жидкостями, причем одновременно. Поскольку такие стабилизаторы гораздо крупнее молекулярных эмульгаторов, их гораздо труднее оторвать от поверхности капель и потому они очень эффективны, в целом намного превосходят молекулярные эмульгаторы. В качестве примеров из области кулинарии можно назвать зерна крахмала, полисахариды (такие как пектин), шарики жира и даже клетки дрожжей.

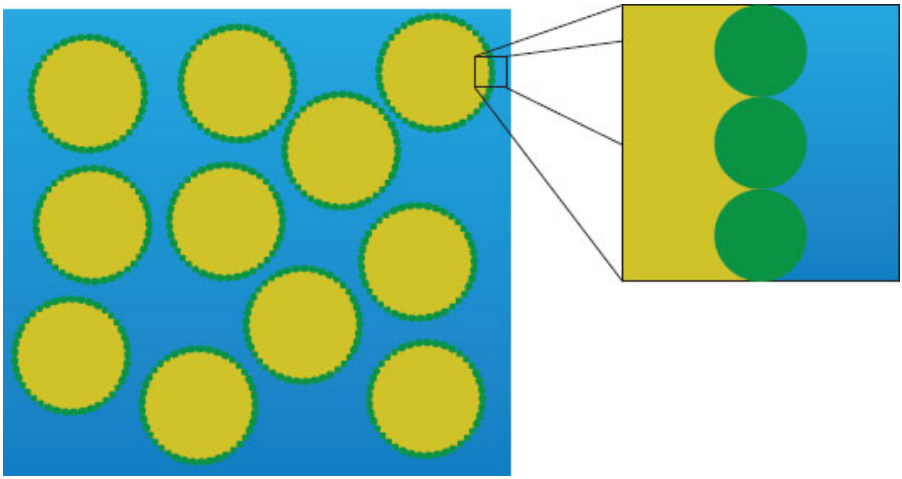


РИСУНОК 6

Частицы (зеленые) гораздо крупнее отдельных молекул растительного масла и воды и потому могут становится для капелек чем-то вроде доспехов. Для нужного эффекта частицы должны покрывать всю поверхность капель, потому что иначе при столкновении капель жидкости все равно смогут соприкоснуться и слиться.

Белки дают еще один способ стабилизировать границу между водой и растительным маслом. Вспомним: в белках есть элементы как гидрофобные, так и гидрофильные, и свернутый белок прячет свою гидрофобную часть от воды. Таким образом, белки способны работать как эмульгаторы обоих видов: в свернутом виде они действуют как частицы, а при разворачивании гидрофобные и гидрофильные части могут разделяться и ориентироваться на границе раздела в соответствии со своими предпочтениями.

Другие способы стабилизации эмульсий

Для стабилизации эмульсий имеется также способ, который не зависит от частиц или молекул на границе воды и масла. Этот метод направлен на предотвращение коалесценции капель, которая, как мы уже знаем, и становится одной из главных причин расслоения эмульсий. Для коалесценции требуется, чтобы капельки соприкоснулись друг с другом, так что если бы мы смогли предотвратить их столкновение, то стабилизировали бы эмульсию. Достаточно просто преобразовать постоянную фазу в такую среду, которая не допускает столкновений.

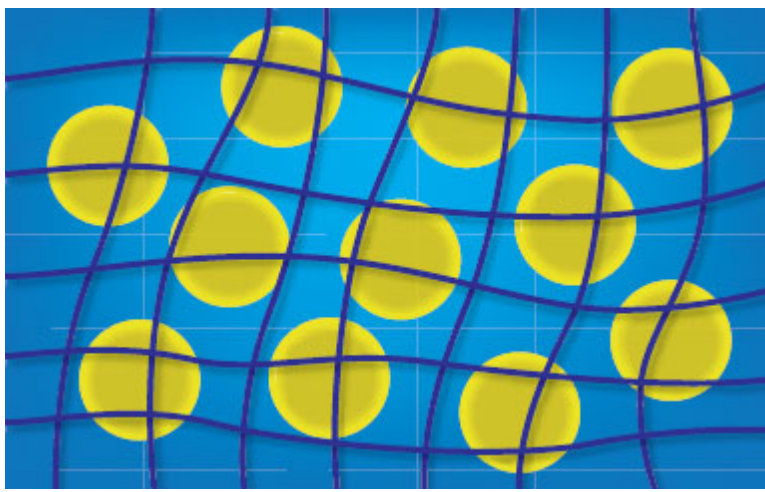


РИСУНОК 7

Гели стабилизируют эмульсии, не позволяя каплям сталкиваться и сливаться. Гель может быть создан сетью гидроколлоидов, которая будет удерживать капельки на месте. Хотя капельки часто слишком малы, чтобы увидеть их невооруженным глазом, они гораздо крупнее гидроколлоидных полимеров, подвижность которых позволяет им огибать капли. Чтобы прийти в движение, капли должны были бы раздвинуть полимеры. В зависимости от вида и количества загустителя постоянная фаза может стать очень вязкой или даже твердой, и из-за этого общая текстура эмульсии будет более плотной.

Сделать это можно тремя способами. Во-первых, мы можем превратить постоянную фазу, которая исходно была жидкостью, в гель (как на рисунке 7). Это не позволит капелькам сталкиваться друг с другом. Во-вторых, мы можем превратить дисперсную фазу в твердую – либо с помощью некоего фазового превращения, либо

за счет плотности упаковки. В-третьих, мы можем превратить постоянную фазу в очень вязкую жидкость. Этот третий способ не так хорош, как два других, поскольку даже в очень вязкой среде капельки способны двигаться и со временем столкнутся. Всеми этими эффектами – желированием, отвердением и изменением вязкости – можно управлять с помощью температуры, и по этой причине изменение температуры часто оказывается хорошим способом стабилизировать эмульсию в кулинарии. Так, вы можете заметить, что многие эмульсии хранят в холодильнике и съедают холодными.

Усвоив эти научные принципы, давайте рассмотрим некоторые рецепты соусов и десертов, в которых они действуют.

Голландский соус

Голландский соус – эмульсия молочного жира в воде – классический соус, известный сложностью приготовления. В главе 5 мы поделились традиционным рецептом Нанду Жубани. Голландский соус следует готовить как теплую эмульсию, потому что сливочное масло при комнатной температуре бывает твердым. Стабилизируют соус яичные желтки, которые содержат лецитин, природный эмульгатор. Как уже объяснялось ранее, эмульгатор обволакивает капельки жира и не дает им сливаться. Однако желток выполняет еще одну задачу: его белки разворачиваются при мягком нагревании и при контакте с ионами лимонного сока, образуя спутанную разреженную смесь длинных белковых полимеров. Это делает водную фазу более вязкой и также помогает стабилизировать эмульсию.

Чтобы правильно создать такую эмульсию, нужно медленно добавлять растопленное сливочное масло при взбивании, чтобы в каждый отдельный момент количество масла было небольшим и превращалось бы в крошечные капли. По мере добавления масла объемная доля масла увеличивается, что делает эмульсию более вязкой. Однако из-за этого же эффекта поддерживать эмульгирование становится труднее. Из-за увеличенной объемной доли капельки начинают сталкиваться чаще.

Более того, нам грозит катастрофа: если сразу добавить слишком много масла, две фазы спонтанно поменяются местами в результате процесса, называемого фазовой инверсией, так что мы получаем капельки воды в море масла. Как это ни странно, такой соус, в котором капли воды диспергированы в масле, вкусом и текстурой резко отличается от задуманного, даже если соотношение ингредиентов не изменилось. Голландский соус «жир-в-воде» имеет сливочный и нежный вкус, а вот соус «вода-в-

жире» ощущается во рту как сальный. Эмульсии стремятся к инверсии, когда объемная доля дисперсной фазы (в данном случае сливочного масла) превышает 50 %: при инверсии новая дисперсная фаза будет иметь меньшую объемную долю. Предотвратить инверсию трудно. Когда объемная доля становится большой, нужно очень тщательно следить за эмульсией при добавлении ингредиентов, чтобы вовремя остановиться.

Возможны и другие катастрофы: чтобы соус удался, необходимо, чтобы при добавлении в эмульсию все ингредиенты имели одинаковую температуру. Обратите внимание: в рецепте рекомендуется оставить спаржу в теплой воде и подогреть сливочное масло и желтки по отдельности. Если вы нарушите эти указания, эмульсия расслоится. Например, при температуре ниже 35 ˚С сливочное масло перейдет в твердое состояние. Готовка при 60 ˚С позволяет жиру оставаться выше этой температуры. При более высокой температуре к тому же понижается вязкость масла, так что его капли легче раздробить на более мелкие.

Законы физики вступают в сговор, делая приготовление голландского соуса сложным. Как это часто бывает в жизни, нужно набраться опыта.

МАЙОНЕЗ

Майонез

Ингредиенты

2 крупных желтка комнатной температуры
1 ч. л. горчицы
1/2 ч. л. соли
2 стакана (475 мл) оливкового масла
1 ст. л. (15 мл) лимонного сока

Инструкции

1. Смешайте желтки, горчицу и соль в миске среднего размера.

2. Очень медленно влейте 1 стакан масла, буквально по капле, энергично взбивая венчиком. Смесь должна чуть загустеть.

3. Вбейте лимонный сок. Очень медленно влейте оставшийся стакан масла, не прекращая энергично работать венчиком. Если в какой-то момент вы заметите в смеси масло, прекратите его добавлять и просто взбивайте. Когда смесь станет однородной и густой, затяните миску пленкой и держите в холодильнике до

использования.

4. Если майонез расслоился, налейте в чистую миску чайную ложку воды и начните процесс снова, медленно добавляя расслоившийся майонез и постоянно взбивая.

* * *

Одно из самых удивительных свойств эмульсий – то, что они могут быть и твердыми. Давайте сравним рецепт майонеза из врезки (твердую эмульсию) с голландским соусом Нанду Жубани из главы 5 (жидкой эмульсией). Одного взгляда на соотношение ингредиентов достаточно, чтобы обнаружить ключевое отличие: количество воды (в виде лимонного сока) и желтков одинаковое, но в голландском соусе примерно 3/4 стакана топленого сливочного масла (160 г), а в майонезе – 2 стакана растительного. Это значит, что в голландском соусе объемная доля жира около 83 %, а в майонезе она близка к 95 %. (Обе цифры предполагают, что яичный желток – наполовину вода и наполовину жир.) Содержание жира высокое в обеих эмульсиях, но в майонезе его особенно много. В нем капелек масла будет гораздо больше, чем в голландском соусе. Получится плотная твердая эмульсия. Судя по одной только объемной доле, голландский соус тоже должен был бы оказаться твердым: вспомним, что порог плотной упаковки равен 65–70 %. Однако голландский соус легко течет, так что он явно не твердый. Два аспекта рецепта объясняют, почему это так: во-первых, голландский соус подают теплым, так что молочный жир остается жидким. Это не только снижает общую вязкость, но и способствует нестабильности эмульсии: один из секретов состоит в том, чтобы желтки и масло при взбивании были одинаковой температуры. Во-вторых, майонез содержит дополнительный эмульгатор в виде горчицы. При объемной доле порядка 95 % капельки масла в майонезе упакованы настолько плотно, что даже не могут оставаться шарообразными. Им приходится деформироваться. В то же время капельки предпочли бы оставаться сферами, поскольку эта форма сводит к минимуму площадь соприкосновения воды и масла. Деформирование капелек похоже на сжимание воздушного шарика: они чуть поддаются, но легко могут лопнуть, выпуская содержимое. Поверхностно-активное вещество горчицы предотвращает это. Тем не менее обе описанные эмульсии очень капризны и легко могут не получиться. Или, как однажды сказал у нас на занятии Гарольд Макги: «Майонез на оливковом масле – как бомба с часовым механизмом. Он медленно отсчитывает секунды до

полного самоуничтожения».

Чесночный айоли

Айоли – традиционный средиземноморский соус из чеснока и оливкового масла. В Каталонии, где находится мишленовский ресторан Нанду, этот соус называют *alioli*, что буквально и значит «чеснок и растительное масло». Сейчас во многих ресторанах для стабилизации айоли используют желтки, потому что так гораздо проще: в них много поверхностно-активного вещества, так что даже новичку легко удается покрыть капли дисперсной фазы эмульгатором. Однако в оригинальном соусе используют только чеснок, масло и соль. Такие ингредиенты для эмульсии выглядят довольно странно. Где эмульгаторы? Где вода?

Оказывается, чеснок содержит небольшое количество воды, в которой масло может образовать капельки. А еще он содержит небольшое количество эмульгатора, который выделяется при разминании зубчиков. Приготовить эмульсию с такими скромными количествами воды и эмульгатора – задача непростая, но вот как это делается. Сначала вы разминаете чеснок в пасту, добавляете крупную соль, чтобы разрушить клеточные стенки и извлечь воду. Затем по капле вводите растительное масло – очень медленно и при энергичном взбивании. Чтобы приготовить айоли таким способом, нужно много времени и терпения, и каждый раз, когда эмульсия начинает расслаиваться, необходимо добавить несколько капель воды. Объемная доля оливкового масла в конечном продукте настолько высока, что, если ближе к концу добавить масла чуть больше необходимого, все труды пойдут насмарку. Капельки воды помогают сохранить постоянную фазу. Опытные повара прислушиваются, чтобы уловить характерный «звук айоли», по которому они определяют готовность соуса.

ЧЕСНОЧНЫЙ АЙОЛИ ОТ НАНДУ ЖУБАНИ

Чесночный айоли

Ингредиенты
25 г очищенных зубчиков чеснока
5 г крупной соли
450 г рафинированного (кислотность 0,4) оливкового масла
25 г воды (или сколько потребуется)

Инструкции

1. Сложите очищенный чеснок и соль в ступку. Пестиком растолките его до консистенции пасты.

2. Понемногу добавляйте оливковое масло, тщательно перемешивая и разбивая пестиком. Важно не прекращать перемешивания. Если смесь становится слишком густой, можно добавлять капли теплой воды, не прекращая эмульгирования.

3. Айоли считается готовым, когда пестик может стоять в эмульсии.

Рецепт и изображение предоставлены Нанду Жубани

Потрясающее печенье Кристины Тоси

Кто же не любит сладкое калорийное печенье? Вспомните печенье Кристины Тоси из главы 1. Она кладет в печенье намного больше сливочного масла и сахара, чем предлагается в обычных рецептах. На то же количество муки она берет в 1,5 раза больше сливочного масла и в 2 раза больше сахара, чем содержится в классическом печенье с шоколадной крошкой производства Nestlé. Привычный способ замеса не позволил бы ввести столько масла и сахара так, чтобы тесто не казалось жирным и сахар не хрустел на зубах. Кристина совершает этот подвиг, увеличив время вымешивания до 10–15 минут в кухонном комбайне, что дает хорошо эмульгированное тесто. А еще она добавляет желтки холодными, чтобы они компенсировали нагрев при вымешивании, что помогает сохранять идеальную температуру эмульсии. Поскольку на первом этапе сливочное масло взбивается с сахаром, в тесто также попадает воздух в виде маленьких пузырьков. Пузырьки воздуха в постоянной фазе создают пену, а это означает, что тесто представляет собой одновременно и пену, и эмульсию.

Сливочное масло

Сливочное масло тоже эмульсия, однако она создается за счет использования того самого процесса фазовой инверсии, которого мы так старательно избегаем в других рецептах. Масло изготавливают из сливок – эмульсии из шариков жира, плавающих в воде. Когда уже взбитые до плотности сливки продолжают взбивать дальше, молочный жир начинает слипаться и образует ком, оставляя жидкую пахту. Теперь мы можем получить сливочное масло, промыв этот жир так, чтобы удалить сахара и белки, уменьшающие его срок хранения. В готовом сливочном масле содержится 15–30 % воды в виде крошечных капель в жире.

Пены

Вот простой эксперимент, который нам нравится проводить на занятиях. Мы наливаем в одну небольшую миску несколько яичных белков, а в другую – такое же количество воды. Потом вызываем двух добровольцев. Не говоря присутствующим, что находится в мисках (издалека две прозрачные жидкости выглядят одинаково), мы просим добровольцев взбивать вещество у них в миске как можно энергичнее. Тот, кому посчастливилось

получить яичные белки, получает прекрасную пену. У кого была вода, воду и получает. Эксперимент показывает, что, хотя исходная жидкость выглядит почти одинаково, конечный результат на удивление различен.

Пены сходны с эмульсиями, не считая того, что в пенах в жидкости рассеян воздух в воде пузырьков, а не капли другой несмешиваемой жидкости. И пена, пожалуй, еще удивительнее эмульсий. В пенах вы можете смешивать жидкость и газ и – вуаля! – получать твердое вещество. Полученная в нашем эксперименте пена – это твердое вещество, составленное из жидкости и воздуха, а вода так и осталась жидкостью. В процессе взбивания вы вводите в яичный белок и в воду массу пузырьков воздуха. Однако в яичных белках, в отличие от воды, есть нечто такое, что позволяет пузырькам удержаться и стабилизироваться.

Конечно, мы знаем, что это за «нечто»: белковый эмульгатор, сохраняющий пузырьки, которые мы создаем при взбивании. В пенах на яичном белке эмульгатором служат развернувшиеся овальбуминовые белки. Однако, раз эмульгатор – белок, на него будет влиять pH. Если взбивать чистые яичные белки, они поначалу образуют очень пышную пену, но со временем жидкость отделится. Добавление небольшого количества кислоты, такой как лимонный сок или винный камень, сделает пену гораздо устойчивее. Как мы уже выяснили, это связано с тем, что добавление кислоты немного денатурирует белки, обнажая больше гидрофобных элементов. В случае с пенами воздух играет роль растительного масла, и гидрофобные части эмульгатора, естественно, обращаются к воздуху, а не к воде.

В высокой кухне повара интересовались созданием необычных пен с тех самых пор, как Ферран Адриа изобрел кулинарную пену (эспуму). У него возникла гениальная мысль: предположим, мы хотим получить пену с каким-то определенным вкусом – например, малины. Можно было бы приготовить ее, добавив яичный белок в малиновый сок и взбивая. Пена получится стабильной. К сожалению, вкус у нее будет как у яйца. Это потому, что в яйце присутствуют сильные вкусовые молекулы, которые перебьют вкус малины. Как же приготовить пену из малины со вкусом малины? Идея Феррана заключалась в том, чтобы добавить в малину некий природный эмульгатор и создать пену с его помощью.

Эта идея привела к революции в кулинарии. Шефы часто называют кулинарные пены словом *airs* (воздухи), указывая на их легкую, воздушную текстуру. В меню elBulli фигурируют пены, приготовленные из поразительно разнообразных ингредиентов, начиная с соленых из картофеля и базилика и заканчивая

сладкими кокосовыми пенами в десертах. Жоан Рока готовит пены из шабли и сыра конте, а Нанду Жубани предлагает вкуснейшую пену из морской воды, которую выкладывают на устрицу в раковине (рецепт вы найдете во врезке).

В более привычных блюдах то, что напоминает губку и кажется легким для своего размера, скорее всего, является пеной. Взбитые сливки, крема на чашке эспрессо, шапка на кружке с пивом – это пены, с которыми мы встречаемся ежедневно.

УСТРИЧНАЯ ПЕНА ОТ НАНДУ ЖУБАНИ

Устричная пена

Ингредиенты

20 г устричной воды (собранной из устриц при открывании)

0,1 г соевого лецитина (именно этот эмульгатор и делает рецепт возможным)

Инструкции

1. В небольшой кастрюльке смешайте устричную воду и лецитин.
2. Осторожно нагрейте смесь, следя за тем, чтобы температура не поднялась выше 40 °C.
3. Взбивайте погружным блендером, пока на поверхности не образуется пена. Снимите ее ложкой и выложите на открытые устрицы.

Рецепт и изображение предоставлены Нанду Жубани

Пены – близкие родственницы эмульсий, только дисперсную жидкую фазу в них заменяет газовая. То есть вместо жидких капелек у нас пузырьки воздуха. Поскольку газ заметного вклада в вес не вносит, пены при еде ощущаются как невесомые.

Газ бывает полезен еще в одном плане: он может содержать летучие ароматические молекулы. Шефы искусно используют это свойство, предлагая нам новые гастрономические впечатления. Жорди Рока совершил один из своих первых творческих прорывов, обнаружив у мороженого поразительную способность

впитывать вкусы и ароматы. Мороженое – это пена, и многочисленные воздушные пузырьки в нем совместно образуют громадную поверхность, через которую могут впитываться вкусоароматические молекулы. Он использовал этот факт, приготовив мороженое с ароматом сигарного дыма и подарив миру кондитеров совершенно новую концепцию.

Обратите внимание: в рецепте для введения аромата сигарного дыма Жорди прикрепляет сигару к ручному насосу, зажигает и направляет струю воздуха в замораживаемую основу. При застывании мороженого воздух с ароматическими молекулами оказывается внутри и выходит только тогда, когда едок откусывает кусочек. Для десерта Жорди, логично названного «Поездка в Гавану», мороженое кладут в шоколадную трубочку, что делает его почти неотличимым от настоящей сигары, и подают с «пеплом» – смесью пряностей с сахаром – и пепельницей.

«ПОЕЗДКА В ГАВАНУ»: СИГАРНОЕ МОРОЖЕНОЕ ОТ ЖОРДИ РОКА

Сигарное мороженое

Ингредиенты

Угольная конфета («сладкий уголь» из сахара и яичного белка, который выглядит как куски черного угля)

Цилиндр из темперированного шоколада (рецепт см. далее)

Лаймовый гель (рецепт см. далее)

Мятный лед (рецепт см. далее)

Ромовые карамельки (рецепт см. далее)

Основа для сигарного мороженого (рецепт см. далее)

Цветки мяты

Рецепт и изображение предоставлены рестораном El Celler de Can Roca

Инструкции

1. Истолките «сладкий уголь» и насыпьте немного «пепла» в пепельницу.
2. Непокрытый шоколадом конец цилиндра опустите в истолченный «уголь», чтобы имитировать сигару с пеплом на конце.
3. Положите сигару на край пепельницы.
4. Заполните стопку лаймовым гелем на 3/4, выложите сверху мятный лед и ромовые карамельки. Украсьте цветками мяты.

Ромовые карамельки

Ингредиенты

60 г сахара
20 г воды
12 г рома
Кукурузный крахмал

Инструкции

1. Приготовьте простой сироп, смешав сахар с водой, и доведите до 109 ˚C. Снимите с огня и дайте немного остыть. Осторожно влейте ром в сироп. Лучше всего медленно переливать сироп туда и обратно из одной емкости в другую до тех пор, пока жидкости не смешаются полностью.

2. Разогрейте духовку до 80 °C.

3. Высыпьте крахмал на противень с бортиками и просушите в духовке (не менее 3 часов). Убавьте нагрев до 40 °C. Разровняйте и утрамбуйте крахмал, а затем сделайте в нем небольшие ямки: они станут формами для ромовой смеси. Разлейте ромовую смесь по ямкам, присыпьте сверху просушенным крахмалом и сушите 24 часа.

4. Стряхните с карамелек излишки крахмала и уберите в контейнер.

Лаймовый гель

Ингредиенты

75 г воды
20 г сахара
1,2 г агар-агара
20 г сока лайма

Инструкции

1. В маленьком сотейнике доведите сахар с водой до кипения и дождитесь, чтобы он растворился.

2. Дайте сиропу остыть, затем добавьте агар-агар и снова доведите до кипения.

3. Снимите с огня. Вмешайте сок лайма и перелейте смесь в форму. Уберите в холодильник до застывания.

4. Пробейте застывшую смесь блендером, чтобы получился нежный гель.

Мятный лед

Ингредиенты

25 г воды
25 г декстрозы
12,5 инвертного сахара
1/2 размягченного листа желатина (замочить в холодной воде на 5–10 минут, затем отжать)
100 г мятной воды (рецепт см. далее)

Инструкции

1. В сотейнике смешайте воду, мятную воду, декстрозу и инвертный сахар. Доведите до кипения.

2. Снимите с огня и добавьте желатин.

3. Заморозьте смесь в шокере (шоковом морозильнике) или уберите в обычный морозильник на 30 минут.

4. Пробейте и снова заморозьте.

Мятная вода

Ингредиенты

50 г холодной воды для бланшировки

75 г листьев мяты

50 г воды комнатной температуры

Инструкции

1. Вскипятите кастрюлю воды. Бланшируйте листья мяты секунд 20, а потом переложите их в холодную воду.

2. Добавьте воду комнатной температуры и измельчите блендером до однородности. Процедите через сито-шинуа и отожмите, чтобы собрать как можно больше мятной воды.

Цилиндр из темперированного шоколада

Ингредиенты

200 г темного кувертюрного шоколада, темперировать (см. главу 2)

Основа из сигарного мороженого (рецепт см. далее)

Инструкции

1. Вырежьте из жиростойкой бумаги прямоугольники 5 × 10 см.

2. Металлической лопаткой-спатулой нанесите на каждый прямоугольник очень тонкий слой темперированного шоколада, оставив по одной стороне поле шириной 1 см.

3. Сверните бумагу в цилиндры так, чтобы чистый край торчал наружу и бумагу можно было вытянуть перед подачей. Оставьте застывать.

4. Наполните шоколадные цилиндры основой для сигарного мороженого с помощью кондитерского мешка.

5. Заморозьте, а затем погрузите один конец каждой «сигары» в тот же темперированный шоколад.

Основа для сигарного мороженого

Ингредиенты

750 г жирных сливок

150 г декстрозы

4 размягченных листа желатина (замочить в холодной воде на 5–10 минут, затем отжать)

1 кубинская сигара Partagás Serie D № 4

Инструкции

1. Смешайте в сотейнике сливки и декстрозу и доведите до кипения.

2. Снимите с огня и добавьте желатин, тщательно перемешайте.

3. Уберите в холодильник на 6 часов.

4. Миксером взбейте охлажденную сливочную смесь, куря над ней сигару[15].

5. Снова уберите взбитую массу в холодильник.

* * *

Пены состоят из пузырьков воздуха, диспергированных во второй фазе. Постоянная фаза может быть жидкой или – после тепловой обработки или желирования – становиться твердой. Капли жидкости в эмульсии нужно защищать от слияния; то же верно и для пузырьков в пене. Как и в эмульсиях, стабилизация обеспечивается с помощью поверхностно-активных веществ, эмульгаторов или твердых частиц. И, как и в случае с каплями жира или воды, деформирование пузырьков подобно деформированию упругого твердого вещества. В результате пены с большой объемной долей воздуха – такие как шапка на кружке пива – являются твердыми. Если эмульсии создают твердое вещество из двух плотных жидкостей, в пенах это происходит при смешивании жидкости и воздуха.

Одна важная характеристика пен проистекает из факта, что постоянная жидкая фаза всегда намного плотнее газовой фазы пузырьков. В результате жидкие пены постоянно оседают, так как жидкость стремится вниз, а пузырьки – вверх. Это увеличивает объем пузырьков в верхней части, делая их более твердыми. Пивная пена сверху крепкая и сухая, а под ней находится жидкость, содержащая небольшое количество мелких пузырьков. При розливе пива пена формируется за считаные секунды, потому что у жидкого пива вязкость довольно низкая. Если мы оставим пиво стоять, из промежутков между пузырьками уйдет больше жидкости, что сделает их более сухими и ломкими. В некоторые

виды пива добавлены специальные молекулы, которые замедляют уход остатков жидкости: в таком напитке шапка пены держится гораздо дольше и текстура получается совсем иной. Текстурные изменения, связанные с оттоком жидкости, объясняют, почему кулинарные пены, подаваемые в ресторанах высокой кухни, зачастую следует съедать быстро.

Взбитые сливки

Взбитые сливки – традиционная пена, стабилизируемая частицами. Их приготавливают, как нетрудно догадаться, взбивая сливки до образования твердой пены. При взбивании шарики молочного жира дробятся и собираются на поверхности пузырьков воздуха, помогая их стабилизировать. Распространенный вид взбитых сливок продается в герметичных баллонах, которые содержат сжатую закись азота (N_2O): она пребывает в жидком состоянии. Когда вы встряхиваете баллон, жидкая закись азота создает эмульсию в жидких сливках, а при дозировании сливок, оказываясь при нормальном давлении и температуре, превращается в газ. Мелкие капельки жидкости в эмульсии быстро расширяются – и вы получаете сливки с пузырьками, то есть взбитые. В отличие от пузырьков, получаемых при традиционном взбивании, пузырьки в таких пенах крошечные. А еще результат в меньшей степени зависит от стабилизаторов, так что таким способом можно превращать в воздушные взбитые пены гораздо большее разнообразие продуктов. Однако тут есть и недостатки. Например, во взбитых вручную сливках на поверхности пузырьков имеются шарики жира, что заметно влияет на вкус: такие сливки всегда кажутся более молочными и жирными, чем сливки из баллончика. Кроме того, шарики жира гораздо лучше стабилизируют пену, и потому взбитые вручную сливки остаются стабильными и вкусными гораздо дольше, чем взбитые сливки, полученные с помощью закиси азота. Как вы можете догадаться, в кулинарии свое применение находят оба метода.

Бисквит «Пища ангелов»

Пены из яичных белков обладают полезным свойством: их можно превратить в гель простым нагреванием до тех пор, пока белковая сеть не отвердеет необратимо. Когда постоянная фаза – жидкость, нагрев пены заставляет газ в пузырьках расширяться: именно поэтому хлеб и кексы в разогретой духовке поднимаются. Вместе с тем нагрев заставляет постоянную фазу пены стать

твердой. Например, в хлебе нагрев денатурирует белки пшеницы, и они превращаются в твердую сеть вокруг воздушных карманов в тесте. Кондитер Джоан Чанг готовит бисквит «Пища ангелов», в котором при выпекании твердеют яичные белки. Из-за такого отвердевания пена ощущается как плотная. Во многих рецептах хлеба требуется высокая стартовая температура, которую затем снижают в середине выпекания. Это позволяет пузырькам воздуха максимально расшириться до того, как белки схватятся. Твердое состояние подвергнутых тепловой обработке пен больше связано с отвердением постоянной фазы, чем с упаковкой пузырьков газа, хотя в рецептах твердых пен часто необходимо создать исходную жидкую пену. Поскольку готовые твердые пены имеют губчатую структуру, ими очень легко собирать соусы. В Италии этот процесс даже получил отдельное название: *fare la scarpetta* (буквально «делать башмачок»).

Мороженое: пена, эмульсия и коллоидная суспензия

Мороженое, как и тесто для печенья, – это одновременно и эмульсия, и пена. Основа мороженого состоит из воды, молочного жира, белка и сахара. При замораживании эти ингредиенты объединяются, создавая нежный сливочный десерт. Тут много дисперсных фаз. Одну из них составляют шарики молочного жира, взвешенные в воде. Еще одна – воздух, который при перемешивании массы в мороженице создает пузырьки. Молочные белки помогают стабилизировать и эмульсию, и пузырьки воздуха. И есть еще один компонент, важный для мороженого: кристаллы льда. Такую дисперсию, когда маленькие твердые частицы диспергированы в постоянной фазе, ученые называют коллоидной суспензией. Кристаллы льда тоже создаются за счет процесса замораживания в мороженице, но их размер определяется присутствующим в рецепте сахаром. Сахар понижает точку замерзания воды, что делает кристаллы мелкими и не дает воде замерзнуть твердой глыбой. На самом деле размер кристаллов льда находится в обратной зависимости от ощущения нежной текстуры десерта, так что в хорошем мороженом кристаллы льда должны быть мелкими. В мороженом из рецепта в главе 2 размер кристаллов льда определялся тем, насколько быстро вы его готовили, разминая пластиковый пакет. Профессиональные мороженицы делают более нежное мороженое за счет более совершенных механизмов вымешивания.

В качестве финального угощения мы предлагаем вам рецепт, в котором размер кристалликов льда контролируется иначе: мороженое на жидком азоте. Этот способ приготовления

приобрел популярность в последние годы – возможно, отчасти потому, что холодный дым впечатляет. Кроме того, мороженое получается невероятно нежным благодаря очень мелким кристалликам льда. Азот бывает жидким при температуре ниже – 196 °C: ничего более холодного на кухне не используется. Из-за такой низкой температуры работа с ним опасна и требует осторожности. Однако преимущество его использования для охлаждения мороженого в том, что вода просто не успевает образовать кристаллы. После того как основа частично замораживается, ее все равно необходимо вымесить, чтобы ввести воздух, обеспечивающий более легкую текстуру. Эти два шага дают потрясающе нежное мороженое.

МОРОЖЕНОЕ НА ЖИДКОМ АЗОТЕ

Мороженое на жидком азоте

Ингредиенты
90 мл жирных сливок
100 мл молока
20 г сахара
Щепотка соли
Вкусовая добавка (по желанию)
Жидкий азот[16]

Инструкции

1. В миске смешайте сливки, молоко, сахар и выбранные вами добавки.
2. Влейте прямо в миску немного жидкого азота.
3. Через несколько секунд начните перемешивать массу деревянной ложкой или лопаткой, чтобы сделать мороженое более воздушным. Если используете стационарный миксер, начинайте с самой низкой скорости и время от времени зачищайте стенки чаши. Ваша цель – заморозить мороженое равномерно и при этом ввести в него воздух.
4. Если масса перестала дымить, значит, весь азот испарился.
5. Подливая азот по мере необходимости, продолжайте вымешивать, пока не добьетесь желаемой текстуры.

7
Микробы

Микробы – это, в сущности, невидимые маленькие повара, изменяющие продукты в наилучшую сторону, в том числе и их физические свойства.

Гарольд Макги

Готовка с помощью жизни

Вспомните, что вы сегодня ели, и спросите себя, было ли на вашем столе что-то «приготовленное микробами». Если вы *не* ответили «да», подумайте еще. Вы пили кофе с утра? Ели йогурт за завтраком? Сэндвич на хлебе, сыр или какие-нибудь соленья днем? Позволили себе немного вина или пива после работы? Или, может, прямо сейчас потихоньку грызете шоколадку? А как насчет соевого соуса, квашеной капусты, уксуса или темпе? Если хоть что-то из этого вы сегодня ели или пили, вам следовало ответить «да», потому что все эти продукты приготавливаются с помощью микробов.

Ферментированные продукты (так мы обычно называем продукты, которые производятся с помощью микробов) распространены куда более широко, чем большинство людей привыкли думать. Многие из нас едят их каждый день, зачастую не зная, как именно они приготовлены, – что они были созданы дрожжами или даже бактериями, которых мы обычно избегаем, потому что они ассоциируются у нас с болезнями и отсутствием должной гигиены. Пока у вас не разыгралась брезгливость, поспешим заверить, что микробы пищевой ферментации сильно отличаются от болезнетворных. И даже могут быть очень полезными в борьбе с ними. Более того, этот вид приготовления пищи вовсе не какое-то непроверенное новое изобретение. Оно уходит корнями в глубины истории кулинарии. Самым древним из обнаруженных на сегодняшний день остатков ферментированных продуктов около 9000 лет: это химические следы медовухи в керамических сосудах, найденных в Китае, и кости ферментированной рыбы, обнаруженные в Швеции. Однако сами методы ферментации, скорее всего, намного древнее. В каждой стране своя история ферментации: дрожжевой хлеб и сыр в Древнем Египте, ферментированные соевые бобы в Древнем Китае… Народы всего мира веками ферментировали пищу – и по-прежнему это делают.

Причина столь широкого распространения различных видов ферментации в древности заключается во впечатляющих консервационных свойствах, которые могут обеспечить нужные микроорганизмы. Пока холодильников и морозильников не существовало, ферментация давала возможность запастись полезными продуктами. Однако приготовление с помощью микробов еще и способно придать продуктам другие удивительные свойства: новые вкусы, ароматы и текстуры. В этом ферментация не слишком отличается от приготовления пищи с

помощью нагрева или других процессов, с которыми мы уже сталкивались в этой книге. Это чудесный метод преображения еды.

Давайте на минуту остановимся и задумаемся. Бактерии и дрожжи – живые. Это и отличает ферментацию от всех остальных методов приготовления, которые мы до этих пор рассматривали. В них, несмотря на все удивительные сложности, так или иначе использовались неживые вещи. Если уж на то пошло, часть из них была направлена на то, чтобы убить всю жизнь, которая могла оказаться в продуктах. Здесь же мы делаем нечто совершенно иное – так сказать, готовим с помощью жизни.

Позвольте объяснить, что мы имеем в виду. До этой поры все кулинарные процессы так или иначе манипулировали белками – с помощью нагрева, добавления соли, изменения pH или даже взбивания. Мы говорили, что белки «приготавливаются», что на микроскопическом уровне означало их денатурацию и потерю функций. Такой взгляд на кулинарию приводит к интересному заключению. Жизнь строится на функционировании белков. Все химические реакции, необходимые для поддержания жизни биологического организма, осуществляются огромным количеством различных белков в клетках этого организма. Следовательно, большинство кулинарных методов не только разрушают белки, но и убивают организм. Например, если вы залезете в очень горячую ванну – скажем, 65 °C, как та, в которой мы готовили стейк су-вид, – постепенно белки в вашем теле денатурируют, и вы умрете. Это же можно сказать о варке яйца. При варке яйца жизнь, которая в этом яйце содержалась, уничтожается.

Грубо говоря, мы только что потратили немало страниц, стараясь разрушить белки и, таким образом, – косвенно – саму жизнь. Однако в этой главе мы будем делать нечто прямо противоположное. Мы не станем повреждать белки. Нам нужно, чтобы все их функции сохранялись. Дело в том, что в этой главе белки – и конечно же организмы, в которых они содержатся, – сами будут для нас готовить.

Хлеб, медовуха и квашеная капуста

Конечно, вы ели ферментированные продукты – но готовили ли вы их когда-нибудь сами? Если нет, очень рекомендуем попробовать. Как насчет того, чтобы прямо сейчас взяться за один из рецептов (или все рецепты) из врезки? Они относительно простые. А потом, пока микробы будут делать свое дело, преображая продукт, вернитесь к этой главе и узнайте, что происходит в банках и мисках у вас на кухне с точки зрения науки и почему их содержимое вот-вот начнет пузыриться.

ХЛЕБ

Хлеб

Ингредиенты

2 стакана (480 г) чуть теплой воды
1 ч. л. сахара
1 пакетик (7 г) активных сухих дрожжей
4 стакана (480 г) пшеничной хлебопекарной муки
1 ч. л. соли

Инструкции

1. Налейте чуть теплую воду в большую миску, размешайте в ней сахар и дрожжи. Через 5–10 минут должны появиться пузырьки и признаки работы дрожжей.

2. Добавьте муку и соль. Тщательно вымешивайте руками или стационарным миксером с насадкой-крюком в течение 2–3 минут. Тесто должно быть влажным, мягким и тягучим, комков муки остаться не должно.

3. Накройте миску влажным полотенцем и оставьте тесто подниматься в теплом месте без сквозняков в течение 1 часа или пока оно не увеличится вдвое.

4. Разогрейте духовку до 220 °C. Слегка присыпьте противень мукой.

5. Обомните тесто и разделите его пополам. Сформируйте две буханки (круглые, вытянутые или любой другой формы, какая вам нравится). Выложите их на присыпанный мукой противень, накройте полотенцем и оставьте на 30 минут.

6. Если хотите, надрежьте верх буханок острым ножом. Выпекайте 15 минут. Убавьте нагрев до 190 °C и продолжайте

печь еще 10–15 минут, пока корочка не станет золотисто-коричневой.

7. Прежде чем нарезать, остужайте хлеб на решетке не менее 20 минут.

МЕДОВУХА

Медовуха

Мед

Вода

Дрожжи

Ингредиенты

12 стаканов воды

3 стакана непастеризованного меда

1 (5 г) пакетик дрожжей для шампанского или винных дрожжей (не обязательно, но желательно)

Инструкции

1. Налейте воду и мед в керамический горшок и мешайте, пока мед не разойдется. Добавьте дрожжи. (Можно обойтись вообще без дрожжей: из-за природных микробов мед все равно забродит, просто на это уйдет чуть больше времени.)

2. Накройте горшок полотенцем и оставьте в теплом месте на 3–4 дня. Перемешивайте несколько раз в день.

3. Когда медовуха начнет пузыриться, перелейте ее в чистую банку.

4. Закройте крышкой с гидрозатвором или обычной крышкой, но *очень* неплотно, чтобы в банке не росло давление.

5. Оставьте сбраживаться в течение 2–4 недель, регулярно пробуя, чтобы определить готовность. Готовая медовуха должна быть шипучей, но достаточно сладкой. Если она будет бродить слишком долго, микробы поглотят весь сахар и напиток потеряет сладость.

КВАШЕНАЯ КАПУСТА

Квашеная капуста

Капуста, 900 г

Соль, 3 чайные ложки (2%)

Ингредиенты

1/2 кочана белокочанной капусты (тонко нашинковать) плюс несколько целых листьев

Соль

Инструкции

1. Взвесьте капусту. Вычислите 2 % – вес соли.
2. Сложите капусту в большую миску и посыпьте солью. Перемешайте, чтобы соль распределилась равномерно.
3. Помните капусту руками, чтобы нарушить структуру листьев и ускорить выделение сока. Капуста должна пустить сок, так что образуется довольно много рассола.
4. Переложите капусту вместе с рассолом в банку с завинчивающейся крышкой. Укладывайте капусту понемногу, плотно приминая кулаком или чем-нибудь вроде пестика, чтобы выдавить весь воздух. Рассол должен покрывать капусту целиком.
5. Сложите несколько капустных листьев и накройте ими нашинкованную капусту. Они послужат крышкой, и их можно будет убирать по одному, если появится плесень. Следите, чтобы капуста была покрыта рассолом. Можно чем-нибудь ее придавить, например небольшим блюдцем или чистым камнем.
6. Неплотно закройте банку крышкой и оставьте на 1–4 недели при комнатной температуре, чтобы она заквасилась. Обязательно каждый день открывайте крышку и выпускайте газ, иначе может случиться капустный взрыв. Пробуйте капусту через каждые несколько дней, чтобы определить готовность.
7. Храните под крышкой в холодильнике.

* * *

Давайте для начала рассмотрим рецепт хлеба, потому что с

этим процессом многие из нас более-менее знакомы. Ингредиентов мало: вода, мука, немного сахара и соли и конечно же дрожжи. Инструкции тоже очень просты: смешиваете все ингредиенты, ставите тесто в тепло и ждете, чтобы оно поднялось. Если уже пекли хлеб, то это для вас не ново, но давайте восхитимся этим процессом и подумаем, что он может сказать о происходящем. Сначала комок теста плотный и маленький, но со временем он становится воздушным и большим. Глядя на него, вы почти готовы назвать его живым! Как это получилось? Из этой книги вы уже узнали, что, когда мы готовим и проводим эксперименты на кухне, задавая себе простые вопросы о том, что наблюдаем, мы можем узнать очень многое. Даже по поводу этих ингредиентов могут возникнуть самые разные вопросы. Зачем класть сахар – разве хлеб должен быть сладким? Зачем ставить тесто подниматься в теплое место? Зачем так долго ждать, чтобы оно подошло? В этой главе ответ часто будет связан с деятельностью микроорганизмов. И действительно, с хлебным тестом работают именно они.

Мы добавляли дрожжи, и разумно предположить, что преображение вызвали именно дрожжи. Дрожжи вырабатывают газ, который распространяется по тесту и наполняет его. Структура у теста достаточно прочная, чтобы захватывать этот газ, не давая ему рассеяться по комнате, и из-за этого кажется, что теста становится все больше. Оставим пока тесто подниматься и посмотрим на второй рецепт.

Медовуха еще проще хлеба. Вы просто смешиваете воду, мед и дрожжи в керамическом горшке. Простота – характерный признак многих видов пищевой ферментации, что отличает их от других кулинарных процессов, которые порой бывают весьма сложны. Для ферментации часто нужно всего несколько ингредиентов, и со временем, которое, пожалуй, можно назвать самым важным ингредиентом, микробы что-то приготавливают. Мы уже видели, что расчет времени бывает ключевым в самых разных способах приготовления пищи, начиная с диффузии тепла в стейке и заканчивая действием лимонного сока в севиче. В данном случае нужны бóльшие отрезки времени: дни, если не недели и месяцы. В рецепте медовухи, например, требуется от 2 до 4 недель.

Что же тут происходит? Если вы уже приступили к этому рецепту, можете ответить: жидкость становится чуть шипучей, она пузырится. Как и в случае с хлебом, вырабатывается газ. Если вы когда-нибудь пробовали медовуху, то знаете, что конечный продукт получается алкогольным и немного сладким – но не слишком. Уже только из этого – исчезновения сахара и появления

спирта и газа – кажется логичным заключить, что сахар каким-то образом преобразовался в спирт и газ. А если вы предположили, что виновником этого преобразования стали дрожжи, то были совершенно правы. Дрожжи обожают сахар. Везде, где есть изобилие сахара, будут и дрожжи. А в рецептах медовухи и хлеба сахара много – в виде простых сахаров в меде и углеводов в муке.

Приготовление медовухи и хлеба, в сущности, один и тот же процесс. Единственная разница в том, что в хлебе газ захватывается структурой теста, тогда как в медовухе ему позволено уходить. Кроме того, в медовухе этот процесс идет дольше, он дает больше спирта, тогда как в хлебе его совсем немного – и он испаряется в процессе выпекания. Однако в обоих рецептах фигурирует один и тот же вид микроорганизма. Эти дрожжи настолько похожи, что даже носят одно и то же название, *Saccharomyces cerevisiae*. Если вас это удивило, сравните состав на упаковке дрожжей у себя на кухне и на пакетике дрожжей для шампанского, которые вы, возможно, приобрели в магазине для пивоваров ради рецепта во врезке: вы увидите одно и то же латинское наименование. Только если присматриваться внимательнее, на уровне подвидов, выявятся некоторые различия: дрожжи, которые используют для медовухи и вина, дают больше спирта и вкусоароматических соединений, чем хлебопекарные. Конечно, это важное отличие, если вы винодел, но не настолько значимое, чтобы микробы считались разными видами с точки зрения науки. На самом деле можно сделать вполне приличную медовуху на хлебопекарных дрожжах и, наоборот, испечь великолепный хлеб на дрожжах для шампанского: попробуйте и убедитесь сами.

О хлебе и медовухе мы сказали достаточно, давайте рассмотрим третий рецепт: квашеную капусту. Для квашения капусту тонко шинкуют, разминают с солью, а затем плотно укладывают в банку. В этом рецепте присутствие микроорганизмов не так очевидно. Вы не кладете дрожжи, как делали, когда готовили хлеб и медовуху. Однако внешняя простота рецепта обманчива: с научной точки зрения процесс весьма непрост, и микробы играют решающую роль в получении конечного продукта. Если вы начали готовить по этому рецепту и уже сняли пробу, то знаете: относительно безвкусная капуста приобрела чудесную пикантность. Кислый вкус дали молочнокислые бактерии. Эти микроорганизмы также обожают сахара, которые они получают из углеводов капусты, однако, в отличие от дрожжей, они производят не спирт и газ, а молочную кислоту.

Кислород

Сделайте глубокий вдох. Наполните воздухом легкие. А теперь медленно выдохните. Повторите пару раз и задумайтесь над этим процессом, который идет постоянно всю вашу жизнь. Что вы вдыхаете, что выходит обратно и что происходит в промежутке? Говоря упрощенно, внутрь поступает кислород, а выходит углекислый газ, а между вдохом и выдохом ваш организм успевает проделать непростую работу по расщеплению пищи, которую вы съели за обедом, и извлечению из нее энергии. Для жизни необходима энергия. Она обеспечивает все клеточные процессы в организме. Мы называем этот процесс дыханием, и для него необходима важнейшая молекула – кислород.

А теперь сделайте еще один вдох, но не выдыхайте, а задержите дыхание. Не дышите столько, сколько сможете.

Ну как?

Не очень-то хорошо?

В какой-то момент вы сдадитесь и в отчаянии выдохнете, а потом сделаете глубокий вдох. Содержащийся в воздухе кислород настолько важен, что без него просто не обойтись.

А вот будь вы микробом, все было бы совершенно иначе. По правде говоря, мы предложили вам провести этот опыт, вдохновившись примером нашего друга и коллеги Роберто Колтера с медицинского факультета Гарварда: это идеальная иллюстрация того, что происходит в медовухе и квашеной капусте. Будь вы микробом, то, когда вам предложили бы задержать дыхание, вы просто переключились бы на другой вид метаболизма, для которого кислород не требуется. Может, вы даже предпочли бы именно этот вид «дыхания»! По крайней мере, именно так обстоит дело у микробов в медовухе и квашеной капусте. Помните, как мы трамбовали капусту в банке? Это делалось для того, чтобы избавиться от воздуха и сделать среду бескислородной. Такой бескислородный метаболизм мы и называем ферментацией. По сути, она бывает двух видов: выработка спирта дрожжами и молочной кислоты – бактериями. Эти два типа пищевой ферментации настолько распространены, что термин «ферментация» стал использоваться в отношении всех процессов, при которых пища приготавливается с помощью микробов, а не только тех клеточных процессов, которые он первоначально именовал.

Эти два вида ферментации настолько распространены не из-за бескислородного метаболизма, а из-за побочных молекул, которые они дают. Как высокая кислотность, так и спирт для

большинства микробов токсичны. Суперспособность молочнокислых бактерий в том, что они переносят небольшое увеличение кислотности чуть-чуть лучше, чем другие микроорганизмы. Хотя в свежей капусте их менее 1 %, вырабатываемая ими кислота делает окружающую среду более благоприятной для них и менее подходящей для других микробов. В результате молочнокислые бактерии размножаются лучше, что делает среду еще кислее, и так далее, и так далее. Постепенно молочнокислые бактерии создают себе среду, в которой доминируют и присваивают все источники питания. Вот уж действительно суперспособность! Что еще лучше для нас, людей, продукт теперь «законсервирован», потому что вызывающие порчу микробы размножаться не могут. Спирт в медовухе работает точно так же.

Микробы

Что такое микроб? Мы можем догадываться об их существовании – или, во всяком случае, слышали об этом. Но лучше один раз увидеть, чем сто раз услышать. А мы пока никаких микробов не видели, так ведь? Только результат их работы. Давайте посмотрим, удастся ли нам их найти. Представьте себе, что ныряете в квашеную капусту у себя на кухне и одновременно включаете увеличение. У вас на глазах кусочки капусты все растут и растут, теперь вы видите отдельные клетки, время от времени вокруг вас поднимаются пузырьки воздуха, и наконец, когда увеличение становится гораздо сильнее, появляются они – микробы! Каждый микроб состоит всего из одной клетки. В квашеной капусте они чуть мельче, чем те, что живут в медовухе или хлебе: бактерии меньше дрожжей, так что это логично. Однако и те и другие – крошечные. Если бы у вас при смешивании и разминании капусты случайно упал туда волос, то сейчас, при увеличении, вы бы увидели, что по ширине волоса можно было бы расположить от 10 до 100 микробов.

При всей важности роли, которую пищевая ферментация играла на протяжении большей части истории человечества, мы понятия не имели, как выглядят эти существа – и даже не подозревали об их существовании. Только в конце XVII века голландский ученый Антони ван Левенгук увидел нечто подобное тому увеличенному изображению микробов в квашеной капусте. Будучи торговцем тканями, Левенгук научился вытачивать линзы, которые позволили бы ему хорошо рассмотреть качество материи. Как-то раз он решил положить под линзу каплю воды из канала в Делфте. Увиденное, должно быть, потрясло его: там двигалось множество крошечных существ! Новый мир – только уменьшенного масштаба. И не такой уж непохожий на мир в медовухе или квашеной капусте.

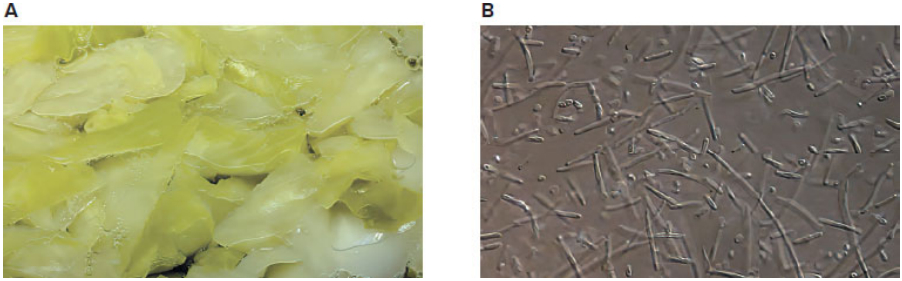


РИСУНОК 1 (A)

Капуста крупным планом через несколько дней ферментации.

Пузырьки углекислого газа собираются в пустотах, цвет из ярко-зеленого становится желтовато-зеленым.

(В) Капля рассола из квашеной капусты, рассмотренная под микроскопом с 1500-кратным увеличением, показывает разнообразие микробов – от маленьких и круглых до тонких и вытянутых. Микробы, которые кажутся скрепленными друг с другом, на самом деле делятся.

Фотографии Скотта Чаймилески

Условия роста и экспоненциальный рост

Представляя себе погружение в квашеную капусту, второе, что вы заметите, после того как изумитесь крошечному размеру микробов: их так много! Откуда они все взялись? Ну, что касается хлеба и медовухи, ответ простой: мы их добавили в качестве одного из ингредиентов. Однако в капусту мы никаких микробов не добавляли, да и в рецепте медовухи сказано, что пакетик дрожжей там тоже не обязателен.

Микробы повсюду. Так как их не видно, мы их не замечаем. Это относится не только к тем микробам, с помощью которых мы можем готовить, но ко всем микроорганизмам, а их просто ошеломляюще много видов. У микробов дурная репутация из-за нескольких опасных примеров, но в целом они безвредны, а порой даже полезны, и мы буквально живем с ними: они в воздухе, в нашем кишечнике, на материалах и поверхностях вокруг нас. Они плавали в воде из канала, которую взял Левенгук. И есть на капустных листьях, в меду и в муке.

В рецептах хлеба и медовухи этим природным микробам ничего не светит, потому что мы добавляем миллионы дрожжевых клеток (да, в чайной ложке их именно столько). Это дает дрожжам значительное преимущество, и они быстро вытесняют все остальные организмы, которые могли бы размножиться. Однако мы могли бы рассчитывать и на природные микробы. Если дать этим микробам подходящую среду, они станут размножаться и захватят все. Именно это произошло в квашеной капусте. И это же произошло бы в медовухе, если бы мы не положили дрожжи. Главное – создать нужные условия роста.

Условия роста

Давайте вернемся к тесту для хлеба, которое вам было сказано поставить в теплое место подходить. Все дело в том, что для дрожжей – как и для любых организмов – существуют некие условия окружающей среды, в которых они будут лучше всего расти и размножаться. Мы уже рассматривали некоторые из условий, которые важны для микробов: температуру, pH, концентрацию соли и присутствие кислорода. Почти любой рецепт ферментации покажет нам, как именно регулируются эти параметры. Для каждого вида микробов существует некий оптимальный показатель каждого из условий, также как минимальные и максимальные показатели, за пределами которых этот микроорганизм существовать не сможет.

На рисунке 2 скорость роста выдуманного микроба представлена как функция температуры. Как видите, имеется некая оптимальная температура, а затем рост снижается по обе ее стороны до тех пор, пока не прекратится вообще. За пределами этой области скорость роста отрицательна, и микробы не просто перестают размножаться: они погибают.

В кулинарии мы постоянно пользуемся подобными кривыми – напрямую или косвенно. На экстремуме низких температур находятся холодильники и морозильники, где для роста микробов слишком холодно. Аналогичным образом пастеризация и стерилизация происходят при экстремально высоких температурах, убивающих микробы. Пищевая безопасность в целом заключается в том, чтобы придерживаться должных областей этих кривых роста. То же относится и к рецептам ферментации. Все микробы – и на самом деле вообще все организмы – имеют точно такие же кривые роста, как на данном рисунке, и не только для температуры, но и для многих других важных параметров. У дрожжей в медовухе, помимо всего прочего, есть кривая роста для кислорода, сахара и температуры. Молочнокислые бактерии зависят от соли, pH, кислорода и температуры. При ферментации мы манипулируем одним или несколькими параметрами, чтобы помочь определенным видам организмов расти активнее других. Благодаря этому мы можем готовить вкуснейшие продукты. В следующей врезке показано, как это происходит в рецепте хлеба на закваске – старинной пищевой ферментации, которая предшествовала современному хлебопечению.

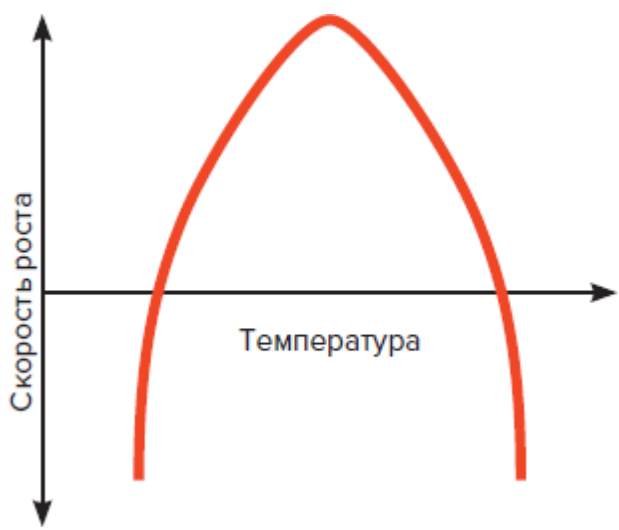


РИСУНОК 2

График показывает кривую роста выдуманного вида

микробов при различных температурах. Имеется оптимальная температура, при которой микробы размножаются с максимальной скоростью. При более высокой или более низкой температуре рост идет медленнее. В какой-то момент для роста микробов станет слишком жарко или слишком холодно, и они начнут вымирать: на графике это та температура, при которой кривая роста пересечет горизонтальную ось и уйдет в отрицательные значения. Подобные кривые можно представить для всех параметров: pH, концентрации кислорода и концентрации соли. Для каждого из них имеется некая предпочтительная оптимальная величина и зона по обе ее стороны, где условия для роста приемлемы. В совокупности такие кривые роста покажут нам предпочтительную среду для данного вида микробов.

ЗАКВАСКА И МИКРОБНЫЕ СООБЩЕСТВА: УСЛОВИЯ РОСТА И КОНКУРЕНЦИЯ

Мы уже познакомились с двумя основными движителями пищевой ферментации: дрожжами и бактериями. Закваска – это продукт, в котором они смешиваются. А еще это потрясающий пример того, как может выглядеть конкуренция в микробных сообществах.

Закваска

Ингредиенты

500 мл муки (любой) плюс еще по мере необходимости

500 мл воды плюс еще по мере необходимости[17]

6 органических ягод винограда или других ягод, немытых (не обязательно)

1 щепотка дрожжей (не обязательно)

Инструкции

1. В миске смешайте муку, воду и дрожжи. Добавьте ягоды, если используете (они помогут внести дикие дрожжи в качестве заквасочной культуры), и энергично перемешайте.

2. Накройте банку марлей и поставьте в теплое место. Перемешивайте один-два раза в день, пока тесто не начнет пузыриться (1–2 дня). Процедите, чтобы удалить ягоды.

3. Каждый день подкармливайте закваску 1–2 столовыми

ложками муки и продолжайте ежедневно перемешивать. При необходимости добавляйте немного воды, чтобы тесто оставалось жидким.

4. Закваска будет готова через 3–4 дня, когда станет густой и пузырящейся. Используйте часть закваски для выпечки хлеба, а часть оставляйте и продолжайте подкармливать равными порциями муки и воды. При постоянном кормлении и уходе она будет храниться сколь угодно долго!

* * *

Закваску можно приготовить с нуля, смешав муку и воду. Со временем дрожжи и бактерии из муки и воздуха размножатся и создадут уникальную среду. Результатом будет любопытное и тонкое взаимодействие этих двух микроорганизмов. Вы уже познакомились с дрожжами и бактериями и сможете догадаться, что происходит. Дрожжи питаются сахаром и производят газ: именно из-за этого тесто со временем поднимается. Бактерии тоже питаются сахаром, но производят кислоту. Дрожжи кислоту не любят. К тому же бактерии делятся гораздо быстрее дрожжей, так что легко могли бы победить, сделав среду чрезмерно кислой и подавив дрожжи. В результате получится тесто, которое не поднимется. Такой результат нам не нужен. Однако, если победу одержат дрожжи, вы не получите желаемой кислинки хлеба на закваске. Тоже не годится. Оптимальное соотношение для подъема *и* кислинки – 1 дрожжевой гриб на 100–1000 бактерий. Добиться этого можно, управляя условиями роста: бактерии предпочитают чуть более высокие температуры, чем дрожжи. Не перегревайте закваску – и дрожжи получат то небольшое преимущество, которое им необходимо. Иначе говоря, при оптимизации температуры – одного из условий роста дрожжей – они способны выносить неидеальную кислотность (еще одно из условий их роста). С помощью этой небольшой корректировки вы создадите среду, которая обеспечит вкусный продукт. Однако равновесие очень хрупко, и даже небольшие изменения среды могут его нарушить. Положение еще больше осложняется тем, что видов дрожжей и бактерий много – и все они имеют свои, слегка различающиеся предпочтения. Это и создает уникальный вкусоароматический профиль хлеба на закваске в разных частях мира. Мы только начинаем исследовать его огромное микробное разнообразие. Догадайтесь, откуда взялась бактерия *Lactobacillus sanfranciscensis*? (Подсказка: обратите внимание на второе слово в названии.)

Экспоненциальный рост

Мы создали должные условия роста и теперь ждем, когда же наши медовуха, квашеная капуста и дрожжевой хлеб будут готовы. Но чего мы ждем на самом деле? Ответ на этот вопрос дает ключ к любой пищевой ферментации. Во время воображаемого плавания среди микробов в квашеной капусте вы могли заметить, что они размножаются. Бактерии становятся все длиннее и длиннее, а потом делятся посередине – и вот их уже две. Дрожжи не делятся пополам – они отращивают маленькие «почки», которые отделяются и становятся новыми дрожжевыми клетками. Только представьте себе, что было бы, если бы мы тоже могли так делать!

Дрожжи и бактерии великолепно размножаются – и отчасти именно поэтому оказываются такими потрясающими поварами. А как иначе эти крохотные существа могли бы произвести столько спирта? При должных условиях дрожжи в медовухе будут давать новую дрожжевую клетку каждые 2 часа. Многие бактерии оказываются даже быстрее, порой делясь каждые 20 минут. В сравнении с ними человек невыносимо медлителен. В среднем на создание нового человека уходит 20–30 лет.

Если вас не впечатлила быстрота смены поколений, взгляните на цифры в таблице. Предположим, вы начали с одного микроба, он поделился на два, потом каждый из двух поделился еще на два и так далее. Вы очень быстро получите громадные цифры. Математики называют такой процесс экспоненциальным ростом. Его можно представить в виде формулы, но и не видя формулы, нельзя не впечатлиться теми цифрами, которые она дает. Вы видите их в таблице. Давайте допустим, что сегодня в вашем обеде оказался один «плохой» микроб. Сейчас вечер, так что эта одинокая клетка и ее потомки делились уже, скажем, 7 часов. Если на каждое поколение уходит 20 минут, значит, произошло уже 22 деления, что дает ошеломляющие 4 миллиона микробов. Пусть даже каждый микроб крошечный, вместе эти 4 миллиона весят несколько граммов. Не лучшие новости на сон грядущий.

Предположим, мы подождем еще немного – скажем, 44 часа, то есть почти двое суток. Теперь эти микробы весят столько же, сколько наша планета! По крайней мере, если верить экспоненциальному уравнению. Стоит ли ему верить?

К счастью, все не настолько плохо. *Если бы* микробы получали достаточно пищи и могли делиться с той же скоростью, что и в начале, именно так и вышло бы. Однако пищи никогда не бывает достаточно. Только в самом начале рецепта – например,

медовухи – мы видим подобный рост. Очень быстро рост выравнивается, а когда сахар заканчивается, дрожжи погибают. Так что можно не бояться, что в скором времени нас настигнут плохие микробы из вашего обеда – по крайней мере, таким образом или настолько легко. Тем не менее возможность экспоненциального роста остается причиной того, что один вид микробов способен быстро занимать ведущие позиции. Без этого ни одного из ферментированных продуктов, хорошо нам знакомых и любимых, не существовало бы.

Номер поколения	Количество бактерий
0	1
1	2
2	4
3	8
4	16
5	32
6	64
7	128
8	256
9	512
10	1024

Номер поколения	Количество бактерий
11	2048
12	4096
13	8192
14	16 384
15	32 768
16	65 536
17	131 072
18	262 144
19	542 288
20	1 048 526
21	2 097 152
22	4 194 304

РИСУНОК 3

Микробы растут экспоненциально. Если один микроб делится на два новых, а каждый из этих двух тоже делится на два, то через два поколения вы получаете четыре микроба. Если так продолжится, общее количество микробов быстро станет очень-очень большим. В том-то и сила экспоненциального роста: даже небольшое количество микробов может превратиться в огромную популяцию, если у них будет неограниченное количество пищи и оптимальные условия роста.

Предсказание волшебства

На первый взгляд пищевая ферментация может показаться сложной и немного таинственной: крошечные, невидимые организмы превращают молекулы пищи во вкусоароматические молекулы. Они делают это с помощью интересных молекул, называемых ферментами или энзимами, в ходе многоступенчатых химических реакций. Есть ли в этом процессе какая-то система?

Можем ли мы предсказать, что получится, не зная всех этапов? Да, можем. Секрет прост: нужно сосредоточиться только на том, что на входе и что на выходе, не обращая внимания на промежуточные этапы. Давайте посмотрим, как это работает на примере одного из самых любимых нами ферментированных продуктов: превращении виноградного сока в вино.

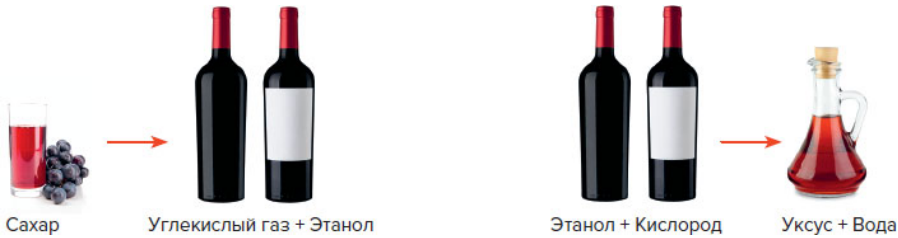
ОТ ВИНОГРАДНОГО СОКА К ВИНУ И УКСУСУ

Предположим, что у вас есть достаточно винограда, чтобы изготовить одну бутылку вина (750 мл, или 750 г). Содержание сахара в вашем виноградном соке составляет около 20 % от его веса, хотя эта цифра будет слегка варьировать в зависимости от спелости и других факторов. Вы знаете, что дрожжи поглощают сахар и превращают его в этанол и углекислый газ. Мы можем записать это в виде химической реакции, в которой каждая молекула сахара (в данном случае мы будем считать, что весь сахар – это глюкоза) дает две молекулы этанола и две молекулы углекислого газа. Если дрожжи съедят все молекулы глюкозы (то есть 20 % от 750 г, или 150 г), мы получим чуть больше 100 мл этанола. Это соответствует объемной доли спирта 13 % (100 мл / 750 мл). Проверьте содержание спирта на этикетке любой винной бутылки у вас дома: мы готовы поспорить, что оно будет именно таким или близким к этому значению! Причина, конечно, в том, что содержание спирта в вине ограничено сахаристостью винограда. Поскольку сахаристость варьирует не слишком сильно, то и содержание спирта в разных винах также не сильно различается. Таким образом, мы можем предсказать конечное содержание спирта, просто посмотрев на то, чем питались дрожжи.

В данном примере дрожжи потребляли сахар, пока он не закончился: вы можете это определить, потому что большинство вин совсем несладкие. Но что, если вам захочется сделать более сладкое вино? Или более крепкое? Ну, вы могли бы просто добавить больше сахара. Однако виноделы не засыпают в вино сахарный песок: у них есть более интересные способы. Один состоит в том, чтобы оставить виноград вялиться на лозе до состояния, близкого к изюму: при этом сахар концентрируется. Еще один – не собирать виноград до первых заморозков. Это тоже повышает сахаристость – и именно так делают ледяное вино (айсвайн). Еще один способ – засеять виноград спорами плесени: так производят венгерские токаи и французские сотерны.

Однако, если вам захочется увеличить не сладость, а крепость

вина, вы столкнетесь с проблемой. Спирт в больших количествах токсичен, и даже самые стойкие дрожжи не выдерживают, если его объемная доля значительно превышает 20 %. Так что более крепкое спиртное будет либо дистиллированным, как виски, ром и водка, либо крепленым (за счет добавления спирта), как портвейн, херес и вермут.



Предположим, вы сделали чудесное вино. Оно разлито по бутылкам, готово к многолетней выдержке и со временем будет становиться все лучше. Спирт убережет его от вызывающих порчу микробов, теперь можно расслабиться и просто ждать, верно? Да, в целом так и получается. Однако полной уверенности быть не может. В мире микробов почти всегда находится какая-нибудь зараза, способная существовать на источниках пищи, где больше ничто не может расти. С вином это тоже так. Вам никогда не случалось откупорить бутылку очень старого вина и обнаружить, что оно стало кислым? Если да, вы столкнулись с результатами деятельности двух родов уксуснокислых бактерий, *Acetobacter* и *Gluconobacter*, которые питаются этанолом точно так же, как дрожжи питаются сахаром. Они получают из него энергию, а в процессе производят уксус. В отличие от дрожжей, для этого им нужен кислород, и, если ваше вино испортилось, возможно, пробка закрывала горлышко недостаточно плотно.

Представьте себе, что ваше чудесное вино действительно превратилось в уксус. Это печально, но давайте пойдем на это ради науки, и, может, вы потом используете его в салатной заправке. Уксус – мощное антимикробное средство. Всего 0,1 % уксуса в растворе убивает почти все микробы, так что нашей бутылке никакая порча не грозит. Как с превращением сахара в этанол в вине, можно выяснить и то, насколько кислым станет наш уксус. Оказывается, каждая молекула этанола дает одну молекулу уксуса. Это позволяет нам определить, какой pH будет у уксуса. Нужно просто узнать, насколько легко ионы водорода будут диссоциировать в раствор, потому что, как вы поняли из главы 1, именно это и определяет концентрацию водорода, которая, в свою очередь, определяет pH. Мы не станем приводить здесь расчеты, но, если бы привели, вы убедились бы, что можно

предполагать pH чуть выше 2. И действительно, pH уксуса обычно именно такой. У некоторых видов фруктового уксуса он чуть выше, но для винного уксуса – в том случае, если весь сахар превратился в этанол, а затем весь этанол превратился в уксусную кислоту, – следует ожидать примерно такую кислотность.

Ждать годы, чтобы вино в бутылке превратилось в уксус случайно, как мы здесь описали, – не лучшая стратегия производства уксуса. Посмотрите на рецепт в следующей врезке. Единственные ингредиенты там – сахар, вода и немного фруктов. Вы все это смешиваете, накрываете марлей и ставите в темное прохладное место на много недель, подкармливая микробы сахаром раз в две недели.

УКСУС

Фруктовый уксус

Ингредиенты

1 стакан сахара

4 стакана воды

2 стакана фруктовой кожуры, отжатой мякоти или свежих фруктов

Инструкции

1. Растворите сахар в воде в большой банке, затем добавьте фрукты.

2. Накройте марлей. Поставьте в теплое место на 1 неделю.

3. Процедите, удалив фрукты, и поставьте банку в темное прохладное место еще на 5–7 недель.

4. Процедите получившийся уксус, разлейте по бутылкам и держите в холодильнике. Его можно хранить не менее 4 месяцев.

Вы уже достаточно узнали о ферментации, чтобы расшифровать научные принципы в каждом шаге этого рецепта. Например, вы знаете, что сахар превратится в этанол, а тот затем превратится в уксусную кислоту. Со временем pH уменьшается, а это означает, что все меньше микробов могут выжить в такой среде, но бактерии, производящие уксусную кислоту, будут чувствовать себя прекрасно и захватят раствор. А еще вы знаете, что, накрывая банку марлей, а не закупоривая ее герметично, вы обеспечиваете свободный доступ кислорода: мы говорим, что эта химическая реакция требует аэробных условий. Можно попробовать альтернативный вариант рецепта: смешайте 1 стакан непастеризованного уксуса из красного вина или яблочного сидра с 2 стаканами вина или медовухи (возьмите медовуху, приготовленную по рецепту из начала этой главы). Накройте марлей и поставьте в темное прохладное место на несколько недель. Пробуйте почаще: уксус готов, если вкус и запах спирта исчезнет: запах станет резким, а вкус – кислым.

Вкус и аромат

Если обдумать сказанное в начале этой главы с точки зрения пищевой безопасности, полученный результат впечатляет: благодаря выделению двух крошечных, но очень специфических молекул – спирта и молочной кислоты – дрожжи и бактерии смогли одолеть потенциально опасных бактерий, и теперь продукт можно спокойно есть. Более того, так будет достаточно долго. И все это – результат химических реакций внутри микробов.

Вдобавок к молочной кислоте и спирту выделялись и другие мелкие молекулы. Мы говорим о множестве различных молекул, ответственных за совершенно особый вкус и запах ферментированных продуктов. Только с помощью микробов можно добиться такого разнообразия. Потрясающе! Список продуктов, с которого мы начали эту главу, включал в себя вонючие сыры, пикантные соленья, нежное белое вино и яркий, насыщенный соевый соус. Все эти продукты своими характерными вкусоароматическими профилями обязаны микробам. Действительно, придание продуктам вкуса и аромата – одна из главных причин, по которым мы продолжаем использовать эти древние методы.

Вспомните реакцию Майяра, происходившую при нагревании

мяса и сахара до высоких температур. Она была вызвана сложным расщеплением и последующими реакциями в углеводах и белках. Вкусы и ароматы пищевой ферментации очень похожи на них тем, что тоже связаны с расщеплением крупных компонентов на более мелкие молекулы. Именно поэтому в ферментированных продуктах вы порой встречаете вкусоароматические молекулы, которые появляются и в реакции Майяра. Однако пищевая ферментация дает немало других вкусов и запахов. И при ферментации эти характеристики определяются не случайными реакциями, вызванными нагреванием, а создаются ферментами, когда микробы расщепляют молекулы продукта ради энергии. Вкус и аромат все равно зависят от конкретного состава продукта (и даже небольшие изменения могут сильно на них повлиять), однако работу выполняют микробы.

Вкус и аромат от белков и жиров

До этого момента во всех рецептах главы фигурировали углеводы. Мы узнали, что микробы обожают сахар. Но предположим, вы захотели ферментировать рыбу или жирные сливки, что часто делают в разных странах. Что бы вы ели, будь вы микробом? Ну, явно не углеводы, потому что их там нет. Рыба содержит только жиры и белки, а сливки и вовсе состоят практически только из жира в воде, так что придется обойтись ими. И действительно, существуют микроорганизмы, которых такая диета вполне устраивает. К нашему счастью, белки и жиры потенциально могут дать множество интересных вкусов и ароматов. Причина в том, конечно, что они состоят из иных атомов, нежели углеводы, состоящие в основном из атомов углерода, кислорода и водорода. Белки, например, содержат серу и азот, которые дают мясную и землистую гамму. С частью этих вкусов и запахов мы уже сталкивались в реакции Майяра, где белки также расщеплялись. Однако наиболее «выразительные» вкусоароматические молекулы связаны не с серой и азотом, а с основой самой белковой цепочки. У всех белков есть эта основа – ряд повторяющихся элементов с одними и теми же атомами. Если присмотреться, станет видно, что каждый элемент очень похож на молекулы типа кадаверина (от *лат.* cadaver – «труп») и путресцина (от *лат.* puter – «гнилой»). Да, они пахнут именно так, как намекают их названия: есть такое вы не захотели бы. Тем не менее эти молекулы очень легко образуются при длительной ферментации белков и присутствуют в национальных блюдах, считающихся деликатесными (хотя непосвященным, конечно, нужно к ним привыкнуть). Считается, что у сюрстрёмминга,

скандинавской ферментированной трески, именно такой запах. Ее готовят, выставляя бочки соленой трески на солнце на несколько недель, чтобы предпочитающие соль бактерии расщепили белки. Еще один пример – хаукарль, исландская ферментированная акула, готовящаяся по тому же принципу, только в этом случае рыбу закапывают в землю (по крайней мере, в традиционном рецепте).

Если у вас нет возможности заполучить эти экзотические продукты, но вы все-таки хотели бы познакомиться с вкусами и ароматами, которые дают белки и жиры, можете заглянуть в ближайшую сырную лавку или сырный отдел супермаркета. Количество сыров просто потрясает. Они настолько различны по вкусу, что даже не верится, что у них один исходный продукт – обычное молоко. Однако это так. И эти насыщенные вкусы и запахи, особенно у тех сыров, которые долго созревали, как раз и происходят от белков и жиров, расщепленных сложными цепочками микробов.

Существует множество других видов ферментации белков, в которых используются сочетания традиционных способов консервации, таких как копчение, вяление и соление. К примеру, итальянская колбаса салями изготавливается с помощью сочетания соления, вяления и ферментации. Точно так же в даси, основу классических японских супов и бульонов, кладут тунцовую рыбу бонито, которую подвергли длительному процессу варки, копчения, вяления и ферментации. В результате получается продукт под названием кацуобуси, отличающийся богатым и сложным вкусоароматическим профилем, – основа вкуснейшего бульона.

Ферментация с помощью плесени

Вместе с дрожжами и бактериями плесень составляет тройку лидеров – самых распространенных пищевых ферментаций. В отличие от дрожжей и бактерий, которые являются одноклеточными микроорганизмами, плесень состоит из множества клеток и может образовывать структуры, которые мы видим невооруженным глазом. Она знакома вам как пушистый налет на старом хлебе. Плесень особенно важна для ферментации белков и жиров. Различные ее виды участвуют в ферментации множества мясных и молочных продуктов, с которыми мы только что познакомились. Но особо блещет плесень в изготовлении таких традиционных азиатских продуктов, как саке, мисо и соевый соус. Самая прославленная из них – плесень аспергилл, *Aspergillus oryzae*, которую часто используют с соевыми бобами и

рисом. Например, мисо получают, засевая вареный рис спорами *Aspergillus oryzae*, а затем смешивая его с соевыми бобами и оставляя ферментироваться дальше. Так как рис и соя содержат много белков и жиров (в соевых бобах их почти 60 %), то вкус получается насыщенным и богатым умами. Изготовление соевого соуса начинается примерно так же; он может ферментироваться годами, чтобы все оттенки вкуса и аромата раскрылись полностью.

Готовы проверить, насколько вы поняли, как управлять вкусом и ароматом с помощью ферментации? Если да, предлагаем мысленный эксперимент. Представьте себе, что вы производитель саке, знаменитого японского рисового вина. Саке изготавливается с помощью двойной ферментации риса: сначала с помощью плесени *Aspergillus oryzae*, которая расщепляет сложные углеводы на простые сахара, а затем – с помощью вырабатывающих спирт дрожжей, которые перерабатывают эти сахара. Если вы достойный производитель саке, то, прежде чем запустить эти процессы, вы озаботитесь шлифовкой риса, при которой наружный слой зерен смалывается и остается только центральная часть. Обычно это всего 35–70 % зерна. Это кажется ужасным расточительством. Зачем проделывать лишнюю работу, чтобы избавиться от большей части риса?

Ответ заключается в строении рисовых зерен. В оболочке, окружающей семя, больше белка и жира, чем в центральном эндосперме, питающем росток. По этой причине саке из нешлифованного зерна приобретает те мясные и землистые нотки, которые мы ожидаем от белков и жиров. Это нормально для мисо и соевого соуса, но саке должно быть легким и цветочным – таким, каким его делают углеводы. После удаления оболочки у нас остается только крахмальный эндосперм. Неудивительно, что саке из шлифованного риса стоит гораздо дороже, чем из обычного. В конце концов, вы ведь избавились от немалой доли риса, а прибыль получить все-таки хочется. Однако это не единственная причина. Многие головы платить больше, потому что такое саке бывает легким, мягким и изысканным. Вот эксперимент по определению вкуса и аромата: попробуйте продегустировать саке с различной степенью шлифовки одно за другим. Рекомендуем взять саке с двух крайних позиций: фуцусю, для которого рис почти не шлифуют, и дайгиндзё, произведенное из полностью отшлифованного риса. Консультант винного отдела поможет вам их найти. Вы должны почувствовать, насколько интересный эффект дает устранение белков: это яркий пример того, как небольшая разница в ингредиентах может очень сильно повлиять на вкус и аромат.

Шоколад и кофе

Научные принципы микробной кулинарии прекрасно объединяются в двух популярнейших продуктах: шоколаде и кофе. Это во многих отношениях особые ферментации. Во-первых, они полностью «дикие» – в том смысле, что зависят от микробов из окружающей среды, а не запускаются за счет внесения особых культур. В этом нет ничего нового: как мы видели, квашение капусты происходит точно так же. Однако особенность шоколада и кофе в том, что в ферментации участвуют микробы разных типов: дрожжи, молочнокислые бактерии, уксуснокислые бактерии, плесень. Эти микробы возникают по очереди, что для шоколада выглядит примерно следующим образом. Плоды шоколадного дерева собирают, какао-бобы извлекают из оболочки и складывают в ящик – ферментироваться. На этом этапе бобы несъедобные и горькие, но окружающая их мякоть – пульпа – сладковатая, и эта среда оказывается идеальной для выделяющих этанол дрожжей. Когда рост дрожжей замедляется, процесс перехватывают молочнокислые бактерии, а затем – уксуснокислые, которые прекрасно себя чувствуют в ставшей кислой среде. И в финале приходит плесень. Каждый вид микроба отлично развивается в идеальных для себя условиях и меняет среду таким образом, что она привлекает очередной микроб сукцессии. Все вместе они преображают какао-бобы.

Ферментация кофе примерно такая же. Единственное ее отличие в том, что пульпа, окружающая более мелкие зерна кофе, менее сладкая, чем пульпа плодов какао, так что в ферментации кофе на первом этапе доминируют молочнокислые бактерии, которые быстро снижают pH. Ферментация кофе короче – один-два дня, в отличие от недели для какао-бобов, – но в ней также участвуют несколько видов микробов.

Удивительно то, что эти два широко распространенных процесса ферментации на самом деле не очень хорошо изучены, несмотря на столь давнюю историю. Мы только сейчас начинаем понимать их детали. Тем не менее мы знаем, что обе эти ферментации предсказуемы и надежны. Предсказуемы, потому что мы каждый раз получаем примерно одну и ту же сукцессию микробов даже без особого вмешательства со стороны человека. И надежны, потому что конечный продукт очень даже годится для использования. Хотя многие другие промышленные процессы ферментации стали тщательно контролируемыми – с регулировкой температуры и влажности и внесением нужных микроорганизмов, – ферментация какао-бобов и зерен кофе по-

прежнему проводится традиционным способом. Это тем более удивительно, если учесть, что шоколад и кофе обеспечивают промышленность с оборотами в миллиарды долларов.

РИСУНОК 4
Ферментирующиеся семена какао

Следующий шаг после ферментации в производстве как шоколада, так и кофе – сушка зерен на солнце: она снижает содержание влаги и прекращает деятельность микробов. Далее зерна обжаривают. Ферментативные реакции дали нам этанол, молочную кислоту, уксусную кислоту и другие вещества – и эти молекулы проникли внутрь зерен, став предшественниками вкусоароматических соединений. Во время обжарки эти молекулы расщепляются в реакции Майяра, создавая те яркие вкусы и ароматы кофе и шоколада, которые мы знаем и любим.

Ферментация в высокой кухне

Рецепты пищевой ферментации не менялись веками, если не тысячелетиями. Они очень надежны. Одни и те же ингредиенты в сочетании с нужными микробами дают неизменный результат. Дрожжи превращают виноград в вино, молочнокислые бактерии квасят капусту, аспергилл «готовит» мисо из соевых бобов и так далее. Но есть ли границы для этих поразительных производителей вкуса и аромата, известных как микробы? Существуют ли неопробованные сочетания субстратов и микробов, которые дадут нам новые вкусы и продукты?

Этими вопросами сейчас задаются шефы во многих областях высокой кухни. Дэвид Чанг из нью-йоркского ресторана Momofuku захотел узнать, что будет, если взять плесень *Aspergillus oryzae* и накормить ее не соевыми бобами, как в рецепте мисо, а чем-то другим, например нутом или семенами подсолнуха. Вы соедините микроб, обычно дающий вкусы и ароматы, свойственные азиатской кухне, с непривычным ингредиентом. Поскольку у нута и семечек другой состав, получается продукт, напоминающий мисо, но в то же время оригинальный. Дэвид Чанг убедился, что это работает, и назвал свое новое творение «хозон».

Команда копенгагенского ресторана Noma развила его идею, создав линейку мисо из гороха, хлеба, кукурузы и фундука. Изучите рецепт их знаменитого горохового мисо во врезке. Приготовьте дома и попробуйте, что получится.

ГОРОХОВЫЙ МИСО

Гороховый мисо

Ингредиенты

800 г сухого колотого желтого гороха
1 кг свежего кодзи из перловки или риса (рецепт см. далее)
100 г нейодированной соли плюс еще немного для посыпки

Инструкции

1. Насыпьте горох в большую емкость и залейте двойным объемом холодной воды. Оставьте при комнатной температуре на 4 часа.

2. Откиньте горох на сито, переложите в большую кастрюлю и снова залейте двойным объемом холодной воды. Доведите до

кипения, убавьте нагрев до слабого побулькивания и снимите крахмалистую пену, образовавшуюся на поверхности. Варите от 45 минут до 1 часа, помешивая примерно раз в 10 минут, пока горох не станет достаточно мягким, чтобы его можно было легко раздавить между большим и указательным пальцами.

3. Откиньте горох на сито, распределите по противню с бортиками и остудите до комнатной температуры. Взвесьте остывший горох; у вас должно получиться около 1,5 кг, но семена всегда впитывают разное количество жидкости при замачивании и варке, что влияет на вес. Если у вас больше 1,5 кг, отложите лишнее для другого рецепта. А если меньше, нужно просто пересчитать количество других ингредиентов. Так, вам нужно будет добавить 66,6 % кодзи (от веса отваренного гороха) и 6,6 % соли. К примеру, если у вас 1,3 кг отваренного гороха, возьмите не 1 кг, а 866 г кодзи и, соответственно, 86 г соли. Чтобы гороховый мисо получился именно таким, как мы задумали, тщательно соблюдайте это процентное соотношение.

4. Наденьте латексные или нитриловые перчатки и пропустите горох через мясорубку, установив насадку со средними отверстиями и собирая его в очень большую миску или контейнер. Затем точно так же пропустите через мясорубку кодзи и добавьте его к гороху. В качестве альтернативы можно использовать кухонный комбайн, но будьте осторожны: не измельчите горох и кодзи слишком сильно. Нам нужны мелкие кусочки, а не пюре. Если у вас нет ни мясорубки, ни комбайна, истолките горох в большой ступке, а кодзи раскрошите вручную.

5. Тщательно перемешайте измельченный горох и кодзи ложкой, затем проверьте консистенцию и содержание влаги: сожмите немного смеси в кулаке.

Если она образует плотный комок, можно продолжать.

Рецепт предоставлен ресторанами Noma и издательством Artisan Workman Publishing, фотография © Evan Sung

Если масса крошится, значит, она слишком сухая и нужно добавить немного воды. Помните: крайне важно, чтобы содержание соли составляло 4 % от веса смеси, так что любая жидкость, которую вы добавляете, должна быть соленой. Приготовьте быстрый 4 %-ный солевой раствор, смешав 4 г соли со 100 г воды погружным блендером или венчиком до полного растворения. Понемногу добавляйте раствор в гороховую массу, пока не добьетесь нужной консистенции.

Если смесь сочится сквозь пальцы, когда вы сжимаете ее в кулаке, она слишком влажная; вероятно, вы переварили горох или плохо слили воду. Слишком высокую влажность исправить сложнее, чем слишком низкую, но это возможно. Выложите массу тонким равномерным слоем на выстланный пергаментом противень и сушите в духовке или дегидраторе при низкой температуре (40 °C), часто проверяя ее на влажность в кулаке, пока она не приобретет нужную консистенцию.

6. Добавьте соль и еще раз тщательно перемешайте.

7. Руками в перчатках переложите гороховый мисо в пятилитровую емкость для ферментации из нереактивного материала (стекло, пластик, керамика или необработанная древесина), как можно тщательнее его утрамбовывая. Начните с краев емкости, выдавливая воздух, и постепенно сдвигайтесь к середине. Трамбуйте смесь кулаками после добавления каждой порции, чтобы вся масса стала очень плотной. Разровняйте верх мисо и слегка посыпьте солью, чтобы защитить от плесени. Накройте пищевой пленкой, укладывая ее на поверхность мисо; убедитесь, что не оставили ни одного открытого участка. И наконец, протрите стенки емкости чистым бумажным полотенцем.

8. Теперь нужно поместить гороховый мисо под груз. Поскольку при ферментации мисо дает тамари, груз будет удерживать его в жидкости точно так же, как квашеную капусту при лактоферментации. Вы можете приобрести специальные грузы для ферментации через интернет; они бывают разных диаметров. Вместо груза можно взять блюдце подходящего размера. В этом случае помните, что со временем блюдце погрузится глубже и рано или поздно придется его вытаскивать, так что убедитесь, что оно не прилегает к краям слишком плотно и вы можете его подцепить. Положите блюдце на мисо дном вниз и придавите его рукой. Теперь возьмите камень, осколок кирпича или пару консервных банок примерно вдвое меньшего веса, чем мисо, – то есть около 1,5 кг. Уберите их в пакетики для гигиеничности и положите на блюдце так, чтобы давление было равномерным.

9. Гороховый мисо вполне можно ферментировать на кухонном столе при комнатной температуре, но в Noma мы выдерживаем его в специальном помещении при 28 °C в течение 3 месяцев. В обоих случаях ферментация должна протекать хорошо, разве что при комнатной температуре она может занять 4 месяца вместо 3 – но, разумеется, вы можете выдерживать ваш мисо и дольше. По мере ферментации вкус становится более насыщенным, приобретая глубокие, землистые нотки.

10. Через 3–4 дня проверьте, как идет ферментация. Мисо не сильно изменится на вид, но, возможно, станет чуть ароматнее. Это говорит о том, что все в порядке. Если вы ощущаете кислинку, как у продуктов молочного брожения, а сверху обильно скапливается тамари, значит, гороховая масса была слишком влажной и придется начать все заново. Если вы взяли прозрачную емкость, то, вероятно, заметите, что в мисо образовались маленькие воздушные карманы. Это нормальное явление; со временем они исчезнут.

11. По прошествии первых двух недель открывайте гороховый мисо раз в неделю или две, чтобы посмотреть, как он ферментируется. Надевайте перчатки, чтобы не занести внутрь вредоносные микроорганизмы. В какой-то момент вы можете заметить на поверхности белую плесень. В этом нет ничего страшного. По нашему опыту обычно это аспергилл, сумевший прорасти на открытом участке мисо. Но даже если речь идет о другой плесени, если мисо достаточно хорошо утрамбован, она не сможет проникнуть внутрь. Когда вы соберетесь попробовать мисо, соскребите немного плесени с поверхности, чтобы добраться до чистого слоя, но не счищайте ее полностью, пока мисо не будет готов, иначе плесень вырастет снова в еще большем количестве.

12. Гороховый мисо будет готов, когда станет заметно мягче, соленый вкус слегка приглушится, и на передний план выйдут сладкие, ореховые нотки; как правило, это происходит в промежутке между 3 и 4 месяцами. В мисо должна ощущаться легкая кислинка, но не сильная кислота. Готовый продукт будет иметь чуть комковатую текстуру, так что, если вы предпочитаете гладкую пасту, измельчите его в кухонном комбайне, добавив при необходимости немного воды. После этого можете протереть пасту через сито для придания ей еще более нежной текстуры.

13. Вы можете разложить гороховый мисо по герметичным банкам или контейнерам и убрать его в холодильник, если собираетесь использовать в течение месяца. В противном случае лучше заморозить его, чтобы сохранить вкус как можно более свежим: когда он вам понадобится, просто достаньте его из морозильника.

Кодзи

Ингредиенты

500 г перловой крупы или короткозерного риса

1 ч. л. спор кодзи в виде порошка (*Aspergillus oryzae*)

Инструкции

1. Тщательно промойте крупу в холодной воде, затем замочите на 4 часа.

2. Отварите перловку на пару́ до мягкости, но не давайте зернам свариться (20–30 минут). Можно сделать это либо в пароварке, либо в сите или дуршлаге, поставленном на кастрюлю с крышкой.

3. Выложите готовую перловку на поднос или на противень с бортиками, выстланный полотенцем (постиранным, отпаренным и отжатым досуха). Разделите зерна перловки, пока они еще теплые, чтобы не слиплись в комки. Остудите до 30 °C.

4. Засейте остывшую перловку спорами кодзи, сложив их в чайное ситечко. Тщательно перемешайте руками, надев перчатки.

5. Накройте влажным полотенцем и ферментируйте при 30 °C и влажности 70–75 %.

6. По прошествии суток вы заметите первые признаки роста плесени. Перемешайте перловку и раскрошите комки.

7. По прошествии 48 часов кодзи должен максимально разрастись. Перловка покроется светло-зеленым или белым пушком, появится фруктовый аромат. Охладите кодзи в холодильнике; храните в холодильнике или морозильнике.

* * *

Пожалуй, один из самых впечатляющих примеров ферментации в высокой кухне – это разработки ресторана Mugaritz, что в испанской Стране Басков. Мы уже встречались с этой командой в главе про ферменты: они использовали пектиназу, чтобы приготовить яблоко. Здесь они помещают *Rhizopus oryzae* (плесневый гриб, который обычно используют в кухне Юго-Восточной Азии для приготовления похожего на мясо соевого продукта, называемого темпе) на поверхность маленького яблока от дикой яблони – совершенно новый подход. Гриб разрастается в виде тонкого слоя плесени, покрывающей все яблоко: только по торчащему черенку можно догадаться, что это такое. Несмотря на ассоциацию с испорченным продуктом – при виде заказанного блюда посетитель испытывает легкий шок, – яблоко красиво выглядит и имеет чудесный вкус, показывающий, как тонка грань между гниением и ферментированием.

ЯБЛОКО РИЗОФУС ОТ MUGARITZ

Рецепт предоставлен рестораном Mugaritz, фотография Хосе Луиса Лопеса де Зубириа

Яблоко ризофус от Mugaritz

Ингредиенты

1 г аскорбиновой кислоты
1 л воды
4 яблока «чалака» (дикая баскская яблоня) или «гренни смит»
«Закваска» для темпе (*Rhizopus oryzae*)
Водка

Инструкции

1. Растворите аскорбиновую кислоту в воде.
2. Очень осторожно снимите с яблок кожуру, стараясь сохранить их природную форму. Очищенное яблоко сразу же опускайте в раствор аскорбиновой кислоты, чтобы не допустить побурения (если вы готовите мало яблок, этот шаг можно пропустить).
3. Налейте в кастрюлю воду и нагрейте до 90 ˚C. Опустите туда яблоки и готовьте 2 минуты.
4. Достаньте яблоки из воды и дайте им остыть.
5. Обсыпьте яблоки тонким слоем «закваски» для темпе.
6. Выложите яблоки на поднос, накройте пищевой пленкой и оставьте ферментироваться в течение суток при температуре 30–35 ˚C.
7. Разложите яблоки по тарелкам.
8. Добавьте капельку водки.

* * *

Некоторые из этих продуктов могут показаться вам

экстравагантными, но вы можете наслаждаться умениями мастеров ферментации в местных пивоварнях, сырных лавках и даже пекарнях. Созидательными способностями микробов пользуются не только немногочисленные рестораны экспериментальной кухни. Когда вы в следующий раз выберетесь куда-нибудь пообедать, поищите в меню ферментированные продукты. Они все чаще проникают в самые разные рестораны, в самых разных видах и формах. Возможно, они уже успели просочиться и к вам на кухню? Если вы использовали один из рецептов ферментации из начала этой главы, они скоро уже будут готовы. Наши поздравления! Хочется верить, что вам захочется новых экспериментов. Тогда, смеем надеяться, вы будете получать удовольствие от пузырящихся и пахучих банок – от всех признаков научных процессов, которые ведут миллионы микроорганизмов, готовящих для вас очередное лакомство.

Заключение

За чтением этой книги мы «съели» обед из множества блюд, каждое из которых было научным исследованием самых разных видов пищи. И вот мы подошли к концу, так что уместен будет десерт. А чем завершить такое пиршество, как не шоколадом! Это не просто вкусный продукт: процесс его производства – повторение всех тем нашей книги. Возьмите кусочек шоколада, и, пока он медленно тает у вас во рту, давайте вспомним трапезу, которую мы только что разделили.

Всю книгу можно было бы изложить через одну только призму шоколада и множества способов его изготовления. Теперь, когда вы завершили чтение, мы сможем объяснить, почему это так. В первой главе мы рассказали, что продукты состоят из вкусоароматических молекул и молекул текстуры. В шоколаде эти молекулы поступают из какао-бобов. Вкусоароматические молекулы появляются, когда бобы ферментируют и обжаривают, причем второй процесс обеспечивает реакцию Майяра. Мы обсудили эти механизмы в главах 7 и 2 соответственно. Из главы 7 мы также узнали, что ферментацию вызывают не сами микробы, а их ферменты. Работу ферментов мы обсудили в главе 3. Понятие диффузии, которое мы рассматривали в главе 4, необходимо для того, чтобы разобраться, как молекулы, производимые микробами в ходе ферментации пульпы, окружающей бобы (молочная кислота, этанол и так далее), проникают внутрь какао-бобов и трансформируют их. А идея денатурации белков из главы 2 помогает нам понять, как мы можем управлять ходом ферментации, поскольку нагрев не только прервет работу создающих вкус и аромат ферментов внутри микробов, но и в итоге их «сломает» – что погубит самих микробов.

Переходя от вкусоароматических молекул шоколада к молекулам текстуры, мы продвигаемся дальше по тексту книги. В шоколаде молекулы текстуры состоят почти исключительно из молекул жира, которые были извлечены из размолотых какао-бобов после ферментации и обжарки. В тепле шоколад представляет собой жидкость, вязкость которой можно объяснить на основе того, что обсуждалось в главе 5. Если точнее, эта жидкость на самом деле коллоидная суспензия (она состоит из маленьких взвешенных частиц какао), и, если шоколад молочный, эта жидкость также является эмульсией (вспомните главу 6). Далее: когда нагретая жидкость охлаждается, молекулы образуют особые структуры, а жидкость испытывает фазовое превращение и

становится твердым веществом (читайте врезку в главе 2). Твердая плитка шоколада, как и все твердые пищевые продукты, обладает неким модулем упругости, который важен, потому что нам нужно, чтобы она была ломкой (глава 5).

Уф! В рассказе об изготовлении шоколада мы действительно затронули практически все темы этой книги! И шоколад в этом не уникален. Если вы внимательнее рассмотрите окружающие вас продукты, то убедитесь, что зачастую в одном продукте или блюде объединен целый ряд научных принципов. Надеемся, что наша книга поможет вам и дальше их обнаруживать. И еще нам хочется надеяться, что вы продолжите задавать вопросы о попадающихся вам продуктах и рецептах, как мы делали это в книге.

В нашем учебном курсе очень важна сама идея постановки вопросов. В конце семестра студенты несколько недель работают над индивидуальными проектами. Нам хочется, чтобы наши ученики – точно так же, как шефы, пробующие новые подходы, – применяли полученные знания, задавая свои вопросы и находя на них ответы. Первое и самое трудное – выбор правильного вопроса: он должен быть достаточно интересным, чтобы на него хотелось получить ответ, и в то же время нам нужен продуманный план, как мы будем искать этот ответ. Вооружившись вопросом, студенты применяют кулинарные навыки и научные знания, чтобы ответить на него – и, желательно, получить вознаграждение в виде не только поучительном, но и вкусном. Конечно, очень часто такие планы заканчиваются провалом, и тогда нужно воспользоваться тем, чему нас научил неудачный эксперимент, – придумать, что с этим делать, и составить новый план. Такие неудачи постоянно случаются с учеными-практиками и шефами, которые стремятся к инновациям. Однако порой упорство окупается: путем перебирания идей удается найти работающий вариант.

Нам хотелось бы завершить книгу, призвав вас последовать этой схеме. Какие вопросы вы можете задать в отношении знакомых продуктов и блюд? Если просто открыть кулинарную книгу и задуматься, почему тот или иной рецепт работает, уже можно сформулировать множество вопросов. Какие эксперименты вы могли бы поставить, чтобы найти ответы на эти вопросы? Будьте ученым у себя на кухне. А мы будем издалека болеть за вас.

И зачем останавливаться на кулинарии? Любознательность и умение задавать вопросы полезны не только в готовке. Они могут помочь понять мир, в котором мы живем, – и сделать его лучше.

Еда – не просто топливо для нашего организма: она имеет

важнейшие культурные и социальные функции, и мы надеемся, что содержание этой книги даст вам темы для обсуждения и поможет завести новые знакомства на званых ужинах, кулинарных мероприятиях и дружеских вечеринках.

А на прощание хотелось бы поделиться рецептом напитка от нутрициониста Дэйва Арнольда. Ваше здоровье!

ДАЙКИРИ С ТАЙСКИМ БАЗИЛИКОМ ОТ ДЭЙВА АРНОЛЬДА

Дайкири с тайским базиликом от Дэйва Арнольда

Рецепт предоставлен Дэйвом Арнольдом, фотография Трэвиса Хаггета

Ингредиенты

5 г крупных листьев тайского базилика (около 7)

60 мл белого рома Flor de Caña (40 % спирта) или любого другого белого рома

23 мл свежевыжатого и процеженного сока лайма

20 мл простого сиропа

2 капли солевого раствора или щепотка соли

Инструкции

1. Разомните базилик в шейкере с азотом[18].
2. Добавьте ром и перемешайте.
3. Добавьте сок лайма, сироп и солевой раствор или соль.
4. Убедитесь, что смесь не обжигающе холодная.
5. Встряхните коктейль с кубиками льда и процедите через чайное ситечко в широкий бокал (шампанское блюдце).

Благодарности

Предприятие такого масштаба могло осуществиться только благодаря помощи, поддержки и трудам множества людей. Для нас эта книга – нечто большее, чем просто книга. Это кульминация более чем десятилетней работы, которую подстегивала мечта о преображении научного образования посредством преподавания науки через кулинарию. В благодарностях мы должны прежде всего упомянуть тех, кто помог нам создать гарвардский курс «Наука и кулинария». Эта книга – попытка запечатлеть наш путь в письменном виде, однако методические приемы, которые мы описали здесь, разрабатывались в Гарварде в течение многих лет в тесном сотрудничестве со студентами и преподающими аспирантами, которые помогали ими руководить. Отклики студентов помогли нам отточить объяснения и научиться представлять научный подход в контексте высокой кухни. Аспиранты Гарварда внесли огромный вклад в материал и способы его подачи.

Прежде чем мы начнем называть имена, позвольте ненадолго вернуться к истории появления курса. Мы запустили его осенью 2010 года. Какое-то время он был самым популярным гарвардским курсом. В первый день первого семестра, чудесным осенним днем сентября 2010 года, здание, где читались лекции по естественным наукам, буквально брали штурмом: студенты тесно набились на первый этаж, пытаясь занять место в аудитории на 350 человек, где проходила лекция. Сам Бреннер, спеша попасть в аудиторию, чтобы прочесть первую лекцию, вынужден был туда проталкиваться. Многие сотни студентов так и не смогли попасть в аудиторию. Потом мы узнали, что некоторые сумели застолбить место на первой лекции, отсидев вводное занятие по физике, которое проходило перед ней. В первый год на курс записали всего 300 человек из-за нехватки лабораторий. Более 700 студентов участвовали в розыгрыше мест. Мы объяснили студентам, что вероятность попадания на курс была намного выше вероятности поступления в Гарвард и астрономически выше шанса забронировать столик в ресторане Феррана Адриа elBulli, где на 2000 мест поступает 8 миллионов запросов.

Курс возник в результате цепочки счастливых совпадений, которые стоит записать для потомства. Все началось с того, как закончивший докторантуру преподаватель по имени Отгер Кампас предложил Бреннеру и Вейтцу пригласить Феррана Адриа прочитать лекцию в Гарварде. Ни Бреннер, ни Вейтц толком не

разбирались ни в еде, ни в кулинарии, но Кампас объяснил, что творения Адриа основаны на принципах материаловедения, которым в Гарварде занимаются многие. Это была блестящая идея, которая стала предвосхищением всего, что произошло потом. Итак, Адриа пришел читать лекцию по «науке и кулинарии». Отчасти лекция спонсировалась отделом поддержки естественных наук Национального научного фонда при Центре материаловедения Гарварда. Центр финансировал мероприятия по популяризации науки с момента своего основания в 1960-е годы – и продолжает делать это по сей день. Лекция Адриа была открытой и начиналась в Кембридже, штат Массачусетс, в 18:30. В аудитории, отведенной для лекции, было 250 мест – и она начала заполняться уже в 15:30. К 16:30 мест не осталось, и нам пришлось спешно обеспечивать дополнительные. Тем не менее сотни жителей Кембриджа не сумели попасть на лекцию, что стало знаком того, чего ожидать в будущем. К счастью, Бреннер не пошел на лекцию, отправившись на факультетское собрание, где всех призывали разрабатывать новые курсы для только что созданной программы общего образования. Она представляла собой обновление базового курса для студентов и была нацелена на то, чтобы связать содержание курсов с жизненным опытом студентов. На следующее утро Бреннер, Кампас и Вейтц встретились с Адриа и его правой рукой, Пером Кастеллсом, чтобы обсудить возможности сотрудничества. Идеальная синергия была рядом: мы создадим курс, где студенты будут изучать науку через призму высокой кухни. Адриа с Кастеллсом предложили привлечь к преподаванию звездный состав шеф-поваров. Хосе Андрес с его ThinkFoodGroup вскоре стал сторонником и пропагандистом нашего курса, оказывая нам моральную поддержку, уделяя немало сил и помогая в начальном финансировании.

То, что курс вообще начался, само по себе стало небольшим чудом. В 2010 году программа общего образования в Гарварде была совершенно новой и обещала новые методы преподавания. Обязательными требованиями были научная точность и связь с окружающим миром. Когда мы предлагали наш курс, у нас не имелось разработанной программы, набора заданий и формулировки целей обучения, которые обычно требуются для утверждения. Предложенный нами план состоял фактически просто из обещания и звездного состава шефов на первый год. Мы до сих пор так и не поняли, почему Гарвард решил в нас поверить и разрешил действовать. Мы глубоко благодарны Стефани Кинен, которая на тот момент возглавляла программу общего образования, и Джею Харрису, декану базового образования

студентов – за доверие. Стефани щедро делилась с нами опытом и советами как при подготовке курса, так и в последующие годы, помогая решать возникающие проблемы.

Первому году предшествовало лето интенсивной разработки программы и ужинов. С нами работала неутомимая доктор Эми Роуэт, которая отложила начало собственной преподавательской карьеры в Калифорнийском университете, чтобы помочь нам организовать этот курс. За считаные месяцы нам нужно было подготовить программу со списком заданий, лабораторных работ, лекций и экзаменов, которые были бы достаточно строгими, чтобы удовлетворить наших гарвардских коллег, но в то же время не лишили бы кулинарию увлекательности. Эми помогала команда аспирантов: Джон Макги, Дженнифер Хау, Эмили Рассел, Ларисса Джоу, Навин Синха, Бен Миллер и Сэм Липуфф. Стив (Нуки) Постел, выполнявший на тот момент обязанности повара бейсбольной команды «Бостон Ред Сокс», участвовал в наших первых мозговых штурмах – и сыграл в них важную роль. Например, во время горячего обсуждения физических процессов при жарке стейка сделал одному из нас запоминающееся заявление: «Вы не умеете готовить стейки! А я умею».

В эти годы в преподавании курса нам помогали больше ста аспирантов – слишком много, чтобы здесь перечислять поименно. Вместо этого мы поблагодарим ответственных за преподавание курса за каждый год, которым приходилось контролировать тот экстремальный процесс, в который превратилось преподавание (это Навин Синха, Джон Макги, Эйлин Ли, Мэри Уал, Марина Сантьяго, Кэтрин Филлипс, Мишу Дудута, Лора Доэрти, Анджали Трипати, Зак Голт). Мы также благодарим заведующих лабораториями, на долю которых выпала непростая задача – руководить лабораторными работами и лекционными демонстрациями одного из самых организационно сложных курсов в Гарварде (это Элоиза Виласека, Хелен Ву, Самир Тиаджи, Дениз Альфонсо, Май Нгуен и Патрисия Джурадо Гонсалес). Административные запросы курса, особенно в самом начале, были весьма большими. Нам приходилось составлять расписание выступлений шефов мирового масштаба и их помощников, рекламировать серию лекций, получивших огромную популярность, находить спонсоров, заказывать продукты на еженедельные лабораторные работы 300 студентов, организовать научный фестиваль с участием спонсоров и студентов в знаменитом зале Гарварда и так далее: Кристина Андухар справлялась с этим уверенно и с улыбкой, став настоящей опорой нашего курса. Начиная с 2014 года эти задачи с неизменной доброжелательностью, рвением и умением решали несколько

человек, в первую очередь Май Нгуен, Дон Миллер и Патрисия Джурадо Гонсалес.

Одним из вдохновителей курса стал Гарольд Макги, знаменитый автор книги «О пище и ее приготовлении». Нам повезло, что Гарольд с самого начала согласился участвовать в чтении курса и стал для нас ментором и советчиком. В первой открытой лекции участвовали Гарольд, Ферран Адриа и Хосе Андрес. Гарольд – воплощение мудрости: он представляет историю науки и кулинарии и обладает самыми обширными знаниями о том, как развивался этот предмет. С тех пор Гарольд каждый год приезжает в Гарвард, чтобы читать лекции этого курса – и они остаются яркими событиями. В нашем онлайн-курсе HarvardX каждую неделю можно услышать рассуждения Гарольда, чьи красноречие и мудрость не имеют себе равных.

Мы должны особо поблагодарить Даниэля Розенберга, который стал неиссякаемым источником увлекательных лекционных демонстраций, отразившихся на содержании курса. Многие из самых известных демонстраций курса были придуманы Даниэлем: создание снега из жидкого азота для примера фазового перехода, приготовление рикотты на предметном стекле микроскопа для иллюстрации диффузии и множество других.

Нам хочется поблагодарить администрацию Гарвардского университета, а в особенности Черри Мюррей, занимавшую тогда пост декана Гарвардской школы инженерии и прикладных наук, и декана Майкла Смита – за то, что этот курс состоялся и за постоянную поддержку. Декан Фрэнк Дойл и заместитель декана Фавваз Хаббаль продолжали оказывать нам необходимую помощью. Благодаря студентам и администрации Гарварда мы смогли попробовать создать нечто нестандартное и крайне увлекательное.

И наконец, мы хотим поблагодарить тех многочисленных шеф-поваров, которые вели этот курс и вдохновляли нас своим примером и своими творениями. Одна из главных неожиданностей этого курса – то, насколько шефы с мировым именем своим характером и темпераментом похожи на ученых с мировым именем. И те и другие привыкли пробовать что-то, что не срабатывает, регулярно терпеть неудачи, вставать на ноги (потерпев сокрушительный провал, пусть страстно и энергично) и превращать провалы в нечто позитивное и интересное. Этот курс определенно может считаться примером успешного провала – и мы благодарны работавшим с нами шефам, потратившим силы и время на то, чтобы претворить эти планы в жизнь. Хочется особо поблагодарить Пера Кастеллса из elBullifoundation Феррана Адриа, который с самого начала был на нашей стороне,

неизменно давая разумные советы относительно выбора шефов, рецептов, научных принципов и подачи материала на том высоком уровне, которого он заслуживает. Его интерес к этому предмету был безграничным, начиная с первого увлеченного рассказа об открытии обратной сферификации. Отдельное спасибо Феррану Адриа, Хосе Андресу, Гарольду Макги, Биллу Йоссесу, Джоан Чанг и Дэйву Арнольду, сыгравшим особую роль покровителей и регулярных гостей наших занятий.

Кроме того, мы хотим поблагодарить всех шеф-поваров, принимавших участие в нашем курсе (ориентируясь на список первого года курса). Они вдохновляли нас и очень многому научили. Это Жоан, Жорди и Хосе Рока (El Celler de Can Roca), Уайли Дюфрейн (wd~50, Du's Donuts), Грант Акетс (Alinea), Дэн Барбер (Blue Hill Farms), Карме Рускайеда (Sant Pau), Нанду Жубани (Can Jubany), Карлос Техедор (Via Veneto, Oil lab), Энрик Ровира (Master Chocolatier), Дэвид Чанг (Momofuku), Рамон Морато (Master Chocolatier, Barry Callebaut), Натан Мирволд (Modernist Cuisine), Фина Пучдеваль (Les Cols), Пер Планагума (Les Cols), Карлес Гач (Fonda Gaig), Пако Перес (Miramar), Рауль Балам Рускайеда (Moments), Джек Бишоп и Дэн Соуза (America's Test Kitchen), Тед Рассин (Culinary Institute of America), Марк Лэднер (Del Posto), Стив Хоуэлл (NASA), Доминик Креnн (Atelier Crenn), Мартин Бреслин (Harvard University Dining Services), Кристина Тоси (Milk Bar), Даниэль Хамм (Eleven Madison Park), Джоди Адамс (Rialto, Trade, Saloniki Greek), Джим Лэхи (Sullivan Street Bakery), Андони Адурис и Рамон Перизе (Mugaritz), Брайан и Майкл Вольтаджо (Volt, Ink), Тара Уитситт (Fermentation on Wheels), Том Количчо и Гейл Симмонс (Top Chef), Мей Лин (победитель 12-го сезона шоу Top Chef), Спайк Йерде и Лорен Сэндер (Woodberry Kitchen), Марк Пост (Maastricht University), Вирхилио и Малена Мартинес (Central), Маргарита Форес (Cibo restaurants), Вайю Маини Рекдал (Young Chefs Program), Элоиза Виласека (El Celler de Can Roca), Анхель Леон (Restaurant Aponiente), сестра Ноэлла Марселино (Abbey of Regina Laudis), Матео Келер (Jasper Hill Farm and Caves), Марио Батали (Babbo), Лидия Бастианич (Lidia's Kitchen, Eataly), Сандор Кац (The Art of Fermentation), Кори Ли (Benu), Роберто Флор (Nordic Food Lab), Габриэль Бремер (La Bodega, Salts), Майкл Харлан Теркелл (Acid Trip), Эйр Мьюр (Clover Food Lab), Вики Лау (Tate Dining Room & Bar), Хоше Мари Айзега, Хуан Карлос Арболейя и Диего Прадо (Basque Culinary Center), Тиффани Фейсон (Sweet Cheeks BBQ, Tiger Mama), Массимо Боттура (Osteria Francescana), Дэвид Зильбер и Джейсон Уайт (Noma), Дженис Вонг (2am: dessertbar), Ник Диджованни'19 (выпускник нашего курса и финалист

конкурса Master Chef 2019), Фредди Битсойи (Smithsonian's National Museum of the American Indian), Марсия Таха (Gustu) и Селассие Атадика (Midunu).

Мы также хотели бы поблагодарить команду HarvardX, которая блестяще перевела наш курс в онлайн-формат. В частности, директора факультета Роба Лью, директора Энни Вальва, Сару Джессоп, Кейси Реринг, Хизер Стернштейн, Анну Трандафир, Марлона Кузмика, Мэтью Томаса, Алекса Ориему и многих других членов команды, которые всячески нам помогали.

Особую благодарность надо выразить Виктории Шен и группе медийной и технической службы Гарварда, которые вели видеозаписи наших лекций. Если вы смотрели на YouTube онлайн-лекции с выступлениями шефов, то теперь знаете, кого благодарить за высокое качество.

В различных аспектах курса решающую роль сыграли следующие люди: Карен Галвез и Дуглас Вудхаус (программа общего образования), а также Кейт Зипроло-Флинн, Арлин Стивенс и Мэтью Занзингер из Гарвардской школы инженерии и прикладных наук за организацию и неизменную помощь во всем, начиная с проведения розыгрыша мест на курс и заканчивая билетами и размещением приезжающих лекторов. Также мы благодарим Тима Рота за помощь в онлайн-занятиях и гибридных вариантах курса. Набилу Родригес Валерон, Ника Диджованни и Тима Рота – за помощь в организации открытых лекций. Трейси Чанг из ресторана Pagu – за щедрую помощь в поисках редких ингредиентов и оборудования в ее собственном ресторане и ресторанах ее местных коллег. Кэтрин Гентнер – за дизайн чудесных афиш, ежегодно рекламирующих наши лекции.

В эти годы нам повезло получать щедрую спонсорскую поддержку из целого ряда источников. Прежде всего особая благодарность Национальному научному фонду (NSF), который поддерживал нас как через Гарвардский научно-технический центр (MRSEC), так и через отделение математических наук. NSF спонсировал самую первую открытую лекцию Феррана Адриа, с которой все и началось. Более того, их поддержка в плане развития популяризаторской деятельности, которая знакомит широкую публику с нашими научными исследованиями, служила для нас постоянным источником вдохновения. Мы также благодарим за спонсорскую помощь ThinkFoodGroup, фонд «Алисия», фонд elBulli, Wholefoods Market River Street, Fusionchef by Julabo, Lexus, Mont-Ferrant, Xertoli, Gastronomy Solutions, Escata и 1933 cocktails.

Если говорить о написании этой книги, мы хотим поблагодарить Хелен Ву и Ивена Лиу, предоставивших начальные

наброски некоторых разделов текста. Мы также благодарны Патрисии Джурадо Гонсалес, Арвинду Сринивасану, Джону Бреннеру, Дженни Колдуэлл, Алану Бреннеру и Ронни Бреннер, прочитавшим черновик частично или целиком. И конечно же большое спасибо потрясающей команде издательства Norton, а в особенности нашему редактору Кинх До – за то, что поверили в нашу идею и направляли нас в процессе создания этой книги.

И наконец, особой благодарности заслуживают наши близкие, родные и друзья, которые терпеливо поддерживали нас и были неотъемлемой частью этого десятилетнего погружения в мир науки и кулинарии.

Об авторах

Майкл П. Бреннер – это Майкл Т. Кронин, профессор прикладной математики и прикладной физики и профессор физики из Гарвардской школы инженерии и прикладных наук им. Джона А. Полсона. В его исследованиях математика применяется для рассмотрения широкого круга проблем науки и технологии, начиная с анализа форм птичьих клювов, китовых плавников и грибных спор и заканчивая поиском принципов создания материалов, способных к самосборке, и ответов на вопросы повседневной жизни, например почему капля жидкости при столкновении с твердой поверхностью разбрызгивается.

Пиа М. Сёренсен – старший преподаватель Гарвардской школы инженерии и прикладных наук им. Джона А. Полсона. Ее интересы широки – от научных основ и технологий кулинарии (включая химические и микробные процессы пищевой ферментации, науку о вкусе и научный подход к изучению древней истории пищи) до педагогики. Особое внимание она уделяет дистанционному обучению и творческим подходам к преподаванию естественных наук гуманитариям.

Дэвид А. Вейтц – профессор физики и прикладной физики Гарвардского университета, сотрудник физического факультета и Гарвардской школы инженерии и прикладных наук. Он – физик-экспериментатор, возглавляющий исследовательскую группу, которая изучает свойства материалов, встречающихся в повседневной жизни, – в частности тех, что присутствуют в современной кухне (пены, эмульсии, гели и т. п.). Кроме того, его группа занимается поиском способов общественно полезного применения таких материалов, начиная с выявления патогенов и заканчивая созданием косметики.

Наука и кулинария

notes

Примечания

1

В профессиональных рецептах даже жидкости указываются в граммах и килограммах, ведь в ресторанах повара пользуются весами, а не мерными стаканчиками и ложками. – Здесь и далее прим. перев.

2

Или хотя бы на 5 ˚С, если у вас обычная домашняя духовка, в которой температуру можно регулировать только с шагом 5 ˚С.

3

Особый вид кукурузного крахмала, который разбухает при достаточно низких температурах, так что жидкость с ним не нужно доводить до кипения и проваривать.

4

Разновидность перца чили, может быть острее халапеньо.

5

Гибрид мандарина и кумквата.

6

Кукурузный крахмал, обычно используемый для изготовления оболочки лекарственных капсул.

7

Дистиллят почвы прозрачен, как вода, и имеет вкус и аромат почвы. Чтобы его получить, доведите воду и почву до кипения, остудите, а затем экстрагируйте в ротавапе.

8

Обязательно наденьте специальные перчатки, чтобы не обжечься!

9

Плавленый сыр, который чаще всего используется в гамбургерах.

10

Чтобы получить топленое масло, растопите сливочное масло, доведя его до 50 °C, снимите твердые молочные частицы, а потом осторожно слейте верхний слой жира (топленое масло), не захватывая слой воды на дне.

11

170 Блум.

12

Сито в форме мешка из мягкой и очень крепкой жаропрочной материи с отверстиями до 100 микрон.

13

Пшеничная мука с содержанием белка 10–12 %.

14

Пшеничная мука очень тонкого помола с содержанием белка 7–9 %.

15

В ресторане Рока используют специальный насос, но можно и просто курить сигару традиционным способом.

16

Заметка по безопасности: жидкий азот очень холодный и может серьезно повредить глаза, нервы и клетки, поэтому необходимо соблюдать технику безопасности. Работая с жидким азотом, обязательно надевайте защитный щиток и криогенные перчатки и следите, чтобы открытой кожи не было. Помимо этого, наденьте не впитывающую влагу одежду. Хотя мелкие брызги могут не причинить вреда (благодаря эффекту Лейденфроста, который возникает из-за того, что жидкий азот быстро испаряется, образуя тонкую пленку воздуха между собой и вашей кожей), впитывающая ткань задержит жидкий азот, дав ему больше времени для контакта и повреждения клеток вашего тела. И наконец, используйте этот рецепт только в хорошо вентилируемом помещении. Резкое введение большого количества газообразного азота в воздух может опасно понизить содержание в нем кислорода.

17

Водопроводная вода годится, но, если она сильно хлорирована, дайте ей постоять ночь. Можно использовать воду, в которой вы варили пасту или картофель.

18

К положенным в шейкер листьям добавьте немного жидкого азота. Вращайте шейкер, держа его ближе к краю, подальше от опасно холодного дна. Когда бурление пойдет на спад, на дне должно оставаться всего несколько миллиметров жидкого азота. Разомните деревянным или пластиковым мадлером. Замороженные листья хрупкие и легко раскалываются на крошечные кусочки: так напиток приобретет максимально свежий вкус. Обычно в размятых листьях активируются ферменты, вызывающие побурение и вкус окисленности (вспомните наш разговор о песто в главе 3). Низкая температура жидкого азота тормозит действие ферментов, и листья не успевают оттаять, а потом мы заливаем их ромом в шаге 2, и высокое содержание спирта не дает ферментам включиться. Если у вас нет жидкого азота, можно измельчить базилик с джином в блендере, сцедить джин и добавить листья в ром: получается почти так же хорошо. С помощью этого метода можно смешать потрясающий коктейль зеленого цвета с невероятно свежим вкусом и ароматом базилика.